



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK  
*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)*  
SEBAGAI MEDIA PADA UNIT *PRE-FILTER***

DESTYA SASMITHA  
3313100109

Dosen Pembimbing  
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK  
*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)*  
SEBAGAI MEDIA PADA UNIT *PRE-FILTER***

DESTYA SASMITHA  
3313100109

Dosen Pembimbing  
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT - RE 141581**

# **USE OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) PLASTIC AS PRE-FILTER MEDIA**

**DESTYA SASMITHA**  
**3313100109**

**SUPERVISOR**  
**Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**  
**Faculty of Civil Engineering and Planning**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

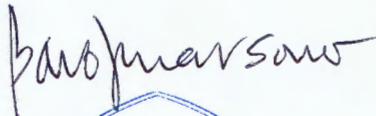
### PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) SEBAGAI MEDIA PADA UNIT *PRE-FILTER*

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh  
**Destya Sasmitha**  
NRP. 3313100109

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Ir. Bowo Diko Marsono, M.Eng**

NIP. 19650317 199102 1 001



**SURABAYA**  
**JANUARI, 2017**

## **PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) SEBAGAI MEDIA PADA UNIT *PRE-FILTER***

**Nama Mahasiswa** : Destya Sasmita  
**NRP** : 3313100109  
**Jurusan** : Teknik Lingkungan  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

### **ABSTRAK**

Kualitas air baku yang digunakan dalam pengolahan air minum memiliki tingkat kekeruhan yang bervariasi. Pada musim hujan kekeruhan tertinggi mencapai 2175 NTU dan pada musim kemarau kekeruhan terendah  $\leq 50$  NTU. Hal ini dapat mengganggu kinerja unit filtrasi yang tidak dapat mengolah dengan baik apabila kekeruhan lebih besar dari 600 NTU. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menambahkan unit *pre-filter*. Unit *pre-filter* biasanya menggunakan agregat pasir dan kerikil sebagai media penyaring. Di sisi lain produksi timbunan sampah terus meningkat dan salah satu jenis sampah yang prosentase timbulannya cukup besar adalah sampah botol plastik jenis PET. Penelitian ini akan memanfaatkan plastik PET sebagai media filter pada unit *pre-filter* untuk menurunkan kekeruhan pada air baku.

Digunakan 3 jenis variabel penelitian yakni jenis media, ketebalan media, dan kecepatan filtrasi. Jenis media yang digunakan adalah media plastik PET dan media fabrikasi. Ketebalan media yang digunakan adalah 6 cm dan 10 cm, sedangkan kecepatan filtrasinya yaitu 6, 8, dan 10  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  dengan konsep aliran *upflow*.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan penyisihan kekeruhan yang paling tinggi terdapat pada media fabrikasi dengan ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 6  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  dengan prosentase removal kekeruhan rata-rata 44,31%, untuk pengukuran nilai *head loss* rata-rata terendah terdapat pada media plastik PET ketebalan 6 cm dan 6  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  sebesar 0,27 mm.

**Kata kunci:** *head loss*, kecepatan filtrasi, kekeruhan, ketebalan, media *pre-filter*

## **USE OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) PLASTIC AS PRE-FILTER MEDIA**

**Name** : Destya Sasmita  
**NRP** : 3313100109  
**Department** : Environmental Engineering  
**Supervisor** : Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

### **ABSTRACT**

*The raw water quality that used in water treatment has variative level of turbidity. In rainy season the highest turbidity reach 2175 NTU and in dry season the lowest turbidity reach  $\leq 50$  NTU. These condition could distract the filtration unit performance because it couldn't treat the water well if turbidity more that 600 NTU. One of the solutions is added the pre-filter unit before filter . Generally, pre-filter unit using sand and gravel as filter media. In the other hand, solid waste production increase rapidly nowadays and one of the biggest percentage of it is plastic bottles that was included to PET type. This research will use PET plastic as the media in pre-filter unit to remove turbidity in raw water.*

*In this research there are 3 variables. They are type of media, media thickness, and filtration rate. The type of media that used are PET plastic media and fabrication media. Media thickness that used are 6 cm and 10 cm, while the filtration rate that used are 6, 8, and 10  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hour}$  with up flow principle.*

*The result of this research shows the highest removal percentage of turbidity is using fabrication media with thickness 10 cm and filtration rate 6  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hour}$ . The average removal percentage is 44,31%, while for head loss measurement shows the lowest average value is 0,27 mm for PET plastic media with 6 cm as the thickness and filtration rate 6  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hour}$ .*

**Key word: filtration rate, head loss, pre-filter media, turbidity, thickness**

**Halaman ini sengaja dikosongkan**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya sampaikan kepada Allah SWT karena atas Rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “**Pemanfaatan Sampah Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai Media pada Unit Pre-filter**”, dan saya sampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan
2. Bapak Ir. Hari Wiko I., M.Eng., Bapak Dr. Ali Masduqi, ST.,MT dan Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes. selaku dosen penguji tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya
3. Ibu dan Bapak Laboran Jurusan Teknik Lingkungan yang telah membantu dan memfasilitasi ketika di Laboratorium
4. Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran tugas akhir saya
5. Intifada Fikri, Harmira, Raras, Adelyna, Waninda, Farahiya, dan Valencia yang banyak membantu dan menyemangati saya
6. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan siap membantu saya

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran agar penulisan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Kriteria Kualitas Air Minum .....	7
2.2 Unit Pre-Filter .....	7
2.3 Unit <i>Roughing Filter</i> .....	8
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Filtrasi .....	10
2.5 Kehilangan Tekanan ( <i>Head loss</i> ) .....	12
2.6 Hidrolika Filtrasi .....	13
2.7 Porositas Media Filter .....	15
2.8 Massa Jenis .....	16
2.9 Analisa Ayakan ( <i>Sieve Analysis</i> ) .....	17
2.10 Pompa Air .....	18
2.11 Sampah Plastik <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) ...	20
2.12 Pemanfaatan Sampah Plastik <i>Polyethylene</i> <i>Terephthalate</i> (PET) .....	21
2.13 Penelitian Terdahulu .....	23
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	25
3.1 Kerangka penelitian .....	25
3.2 Ide Penelitian .....	27
3.3 Studi Literatur .....	28
3.4 Penelitian Pendahuluan .....	28
3.5 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian .....	29
3.6 Pelaksanaan Penelitian .....	32
3.7 Uji Parameter .....	35
3.8 Analisis Data dan Pembahasan .....	36

3.9 Kesimpulan dan Saran .....	36
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Air Baku .....	39
4.2 Analisis Media Pre-filter .....	40
4.2.1 Ukuran Media .....	40
4.2.2 Porositas Media .....	42
4.2.3 Massa Jenis Media .....	46
4.3 Analisis Kekerusuhan .....	49
4.3.1 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	49
4.3.2 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	50
4.3.3 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	51
4.3.4 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	52
4.3.5 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	54
4.3.6 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	55
4.3.7 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	56
4.3.8 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	57
4.3.9 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	58
4.3.10 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	59
4.3.11 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	61
4.3.12 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	62
4.4 Analisis Head Loss.....	63
4.4.1 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	63
4.4.2 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	64
4.4.3 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	66

4.4.4 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	67
4.4.5 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	68
4.4.6 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	69
4.4.7 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	70
4.4.8 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	71
4.4.9 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	72
4.4.10 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	74
4.4.11 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	75
4.4.12 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	76
<b>4.5 Perbandingan Media Plastik PET dan Media Fabrikasi</b>	<b>77</b>
4.5.1 Perbandingan Berdasarkan Hasil Pengukuran .....	77
4.5.2 Perbandingan Berdasarkan Persamaan Rose .....	79
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>81</b>
5.1 Kesimpulan .....	81
5.2 Saran .....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>83</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>135</b>

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Media pada <i>Roughing Filter</i> .....	9
Tabel 2.2 Ukuran Saringan pada Analisa Ayakan .....	18
Tabel 3.1 Variasi Variabel Penelitian .....	33
Tabel 4.1 Kualitas Air IPAM Ngagel II Surabaya .....	39
Tabel 4.2 Hasil Ayakan Cacahan Plastik PET .....	41
Tabel 4.3 Data Stok Cacahan Plastik PET .....	41
Tabel 4.4 Porositas Cacahan Plastik PET .....	43
Tabel 4.5 Porositas Plastik PET setelah Dibentuk .....	45
Tabel 4.6 Porositas Media Fabrikasi .....	45
Tabel 4.7 Massa Jenis Cacahan Plastik PET .....	47
Tabel 4.8 Massa Jenis Media Fabrikasi .....	48
Tabel 4.9 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	49
Tabel 4.10 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	50
Tabel 4.11 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	52
Tabel 4.12 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	53
Tabel 4.13 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	54
Tabel 4.14 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	55
Tabel 4.15 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	56
Tabel 4.16 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	57
Tabel 4.17 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	59
Tabel 4.18 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	60
Tabel 4.19 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	61
Tabel 4.20 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	62
Tabel 4.21 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	64

Tabel 4.22 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	65
Tabel 4.23 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	66
Tabel 4.24 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	67
Tabel 4.25 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	68
Tabel 4.26 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	69
Tabel 4.27 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	70
Tabel 4.28 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	71
Tabel 4.29 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	73
Tabel 4.30 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	74
Tabel 4.31 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	75
Tabel 4.32 Hasil Pengukuran <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	76
Tabel 4.33 Perbandingan Media Plastik PET dan Media Fabrikasi .....	77



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pompa <i>Submersible</i> .....	20
Gambar 2.2 Pompa Aquarium <i>Submersible</i> .....	20
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian .....	27
Gambar 3.2 Hasil Pencacahan Plastik PET .....	30
Gambar 3.3 Kain .....	30
Gambar 3.4 Mesin Pencacah Plastik .....	32
Gambar 3.5 Ilustrasi Reaktor <i>Pre-filter</i> .....	34
Gambar 4.1 Ukuran Cacahan Plastik PET .....	41
Gambar 4.2 Porositas Cacahan Plastik PET .....	44
Gambar 4.3 Porositas Media Plastik Dibentuk dan Media Fabrikasi.....	46
Gambar 4.4 Densitas Cacahan Plastik PET .....	48
Gambar 4.5 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	50
Gambar 4.6 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	51
Gambar 4.7 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	52
Gambar 4.8 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	53
Gambar 4.9 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan $8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	54
Gambar 4.10 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan $8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	55
Gambar 4.11 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan $8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	57
Gambar 4.12 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan $8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	58
Gambar 4.13 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	59
Gambar 4.14 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	60
Gambar 4.15 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	61
Gambar 4.16 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .....	62

Gambar 4.17 Grafik <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	64
Gambar 4.18 Grafik <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	65
Gambar 4.19 Grafik <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	66
Gambar 4.20 Grafik <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam.....	67
Gambar 4.21 Grafik <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	69
Gambar 4.22 Grafik <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	70
Gambar 4.23 Grafik <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	71
Gambar 4.24 Grafik <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	72
Gambar 4.25 Grafik <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	73
Gambar 4.26 Grafik <i>Head Loss</i> Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	74
Gambar 4.27 Grafik <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	75
Gambar 4.28 Grafik <i>Head Loss</i> Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam .....	76

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A .....	89
LAMPIRAN B .....	91
LAMPIRAN C .....	95
LAMPIRAN D .....	115
LAMPIRAN E .....	125

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan esensial bagi kehidupan manusia, karena itu jika kebutuhan tersebut belum tercukupi secara kualitas dan kuantitas akan memberikan dampak yang besar terhadap kerawanan kesehatan masyarakat. Proses pengolahan air baku menjadi air minum sangat dibutuhkan untuk menjawab permasalahan ini. Di Indonesia pelayanan air minum merupakan tanggung jawab Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

PDAM biasanya menggunakan air sungai atau air permukaan sebagai air baku yang akan diolah untuk memenuhi kebutuhan air minum. Air sungai ini memiliki karakteristik tingkat kekeruhan yang tinggi dan bervariasi. Pada musim hujan kekeruhan tertinggi mencapai 2175 NTU dan pada musim kemarau kekeruhan terendah  $\leq 50$  NTU. Hal ini dapat mengganggu kinerja unit pengolahan pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) terutama unit filtrasi yang tidak dapat mengolah dengan baik apabila kekeruhan lebih besar dari 600 NTU (Hutama dan Karnaningroem, 2013). Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menambahkan unit *pre-filter* pada instalasi pengolahan.

*Pre-filter* merupakan unit yang digunakan untuk menurunkan kekeruhan dan komponen oksidatif pada air *inlet* filter yang nantinya dapat mengganggu kinerja unit filter (Wimalawansa, 2013). Beberapa unit yang pernah digunakan sebagai *pre-filter* adalah *beach sand filter* dengan memanfaatkan pasir pantai sebagai medianya (Bartak *et al.*, 2012) dan *roughing filter* dengan pasir kasar atau kerikil berukuran sebagai media (Graham, 1988).

Pasir dan kerikil memang umumnya digunakan sebagai media filter. Namun seiring berkembangnya zaman banyak dilakukan penelitian mengenai alternatif dan inovasi-inovasi media filter. Ternyata terdapat banyak bahan lain yang dapat digunakan sebagai media filter. Menurut Rahmawati pada tahun 2009, arang tempurung kelapa cukup efektif untuk mengurangi kandungan mangan dari dalam air. Selain arang tempurung

kelapa, sabut kelapa juga dapat dimanfaatkan sebagai media filter untuk menurunkan kadar logam (Cd, Fe, Cu), padatan tersuspensi (TSS) dan meningkatkan pH pada limbah air asam tambang batubara (Pinandari *et al.*, 2011). Inovasi media filter lainnya adalah dengan memanfaatkan kulit udang sebagai media filter (Suaidi, 2009). Inovasi dan penelitian mengenai media filter ini harus tetap dilaksanakan untuk mendukung kemajuan ilmu pengetahuan guna mendapatkan alternatif pengolahan paling optimum untuk pengolahan air minum.

Di sisi lain produksi timbunan sampah yang dihasilkan di berbagai institusi dan sektor di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, termasuk sektor industri yang proses produksinya berskala besar. Timbunan sampah yang menumpuk ini jelas membutuhkan pengelolaan. Salah satu jenis sampah yang prosentase timbulannya cukup besar adalah sampah botol plastik. Sampah plastik sendiri terbagi menjadi beberapa jenis menurut sifatnya. Botol plastik yang termasuk jenis plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) ini perlu diperhatikan penanganannya karena sulit untuk didegradasi secara alami (Thompson *et al.*, 2010)

PET atau PETE merupakan plastik dengan kode 1. Jenis plastik ini memang banyak digunakan untuk botol minuman seperti botol air mineral atau botol jus. Botol dari jenis ini hanya direkomendasikan untuk satu kali pemakaian. Penggunaannya sebagai bahan dasar botol kemasan mencapai 30% pemakaian dunia. PET juga digunakan sebagai serat sintesis atau *polyester* yang mencapai 60% pemakaian dunia. Karakteristik dari jenis plastik ini adalah berwarna jernih, transparan atau tembus pandang, liat, kuat dan tahan panas. Plastik PET memiliki dimensi yang stabil dan tidak beracun. Salah satu keunggulan plastik jenis PET ini adalah dapat didaur ulang kembali menjadi berbagai macam barang yang memiliki nilai ekonomis seperti pakaian, tas, *furniture*, dan karpet (Sofiana, 2010).

Daur ulang plastik PET dan pemanfaatannya menjadi berbagai macam bentuk barang merupakan salah satu jawaban untuk mengatasi permasalahan sampah yang ada. Telah banyak dilakukan penelitian yang memanfaatkan plastik PET selain di daur ulang menjadi barang kerajinan. Salah satu contoh pemanfaatan plastik PET lainnya adalah sebagai bahan bakar

minyak dengan menggunakan metode pirolisis (Surono, 2013). Selain itu plastik PET ini juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah terhadap karakteristik lapis aspal beton (laston) (Purnamasari dan Suryaman, 2010).

Melihat karakteristik dan potensi yang begitu besar dalam pemanfaatan plastik jenis PET terutama botol plastik air mineral ini dilakukan penelitian yang membahas mengenai pemanfaatan plastik PET sebagai media pada unit *pre-filter* untuk meningkatkan kualitas air minum. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah kekeruhan yang merupakan parameter wajib dalam persyaratan kualitas air minum menurut PERMENKES Nomor 492 Tahun 2010 dan pengukuran *head loss* yang merupakan persyaratan desain pada unit pengolahan air minum. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi ketebalan media plastik PET dan variasi kecepatan filtrasi. Kedua variasi ini dipilih karena keduanya merupakan faktor yang mempengaruhi proses filtrasi (Huisman, 1974). Jenis media yang digunakan juga ditambahkan pada variasi yaitu menggunakan media plastik PET dan media filter fabrikasi. Hal ini dilakukan sebagai perbandingan guna melihat potensi dan kelayakan dari media plastik PET yang telah dibuat untuk dipasarkan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan dapat dirumuskan beberapa permasalahan. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah densitas, porositas, dan ukuran media plastik PET sebagai media pada unit *pre-filter*?
2. Berapakah ketebalan media plastik PET dan kecepatan filtrasi yang optimum pada unit *pre-filter* untuk menurunkan nilai kekeruhan dan nilai *head loss*?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung densitas, porositas, dan ukuran media plastik PET sebagai media pada unit *pre-filter*.
2. Memperoleh hasil variasi ketebalan media plastik PET dan kecepatan filtrasi yang optimum pada unit *pre-*

*filter* untuk menurunkan nilai kekeruhan dan nilai *head loss*.

#### 1.4 Ruang Lingkup

1. Air baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah air *artificial* atau air yang dibuat menyerupai kekeruhan asli air yang berasal dari *valve outlet* unit *accelerator* pada IPAM Ngagel II Surabaya. Air dibuat menggunakan lumpur dari unit tersebut.
2. Sampah plastik PET yang diambil dari Fasilitas *Recycle, Facilities and Services Maintenance Department* PT Newmont Nusa Tenggara, Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Plastik PET telah dicacah di Fasilitas *Recycle* PT Newmont Nusa Tenggara dengan menggunakan mesin pencacah plastik LONGJING JLXK1A-411. Cacahan plastik kemudian dicetak menyerupai media filter kapas fabrikasi.
3. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi jenis media, ketebalan media, dan kecepatan filtrasi.
4. Pengukuran yang dilakukan pada media filter adalah pengukuran densitas, porositas, dan ukuran media. Pengukuran ukuran media dilakukan dengan metode ayakan dan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
5. Parameter yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah nilai kekeruhan dan *head loss*. Uji parameter-parameter ini dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
6. Dibuat reaktor *pre-filter* buatan sebanyak 1 unit dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 100 cm menggunakan bahan *acrylic* dengan ketebalan *acrylic* 0,5 cm.
7. Proses filtrasi pada reaktor *pre-filter* menggunakan prinsip arah aliran *upflow*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan data hasil penelitian yang dapat digunakan dalam mendesain unit *pre-filter* yang optimal.



2. Memberikan sebuah konsep dasar dalam penurunan nilai kekeruhan dan *head loss* dengan menggunakan sampah plastik PET sebagai media filter.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kriteria Kualitas Air Minum**

Kriteria air layak minum harus memenuhi beberapa syarat-syarat sesuai dengan kualitas baku mutu air minum. Baku mutu yang digunakan yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010 mengenai syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Air minum yang dikonsumsi oleh masyarakat harus memiliki kualitas yang baik dan tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Air minum merupakan air yang melewati proses pengolahan maupun tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan sehingga dapat langsung diminum.

Terdapat parameter wajib dan parameter tambahan sebagai persyaratan kualitas air minum. Kekeruhan merupakan salah satu parameter wajib pada persyaratan kualitas air minum. Baku mutu untuk kekeruhan air yang diperbolehkan maksimal adalah 5 NTU. Selain kekeruhan terdapat banyak parameter lain yang harus dipenuhi baik parameter fisik maupun kimia.

#### **2.2 Unit Pre-Filter**

*Pre-filter* merupakan unit yang digunakan untuk menurunkan kekeruhan dan komponen oksidatif seperti chlorine pada air *inlet* yang berpotensi merusak membran RO dan nantinya dapat mengganggu kinerja unit filter. Jenis *pre-filter* yang paling sering digunakan adalah *sediment filter* atau *multi-media filter* yang berfungsi untuk menghilangkan pasir, partikulat, dan material sedimentasi lainnya. Biasanya digunakan pula *charcoal filter* yang berfungsi untuk menghilangkan komponen yang bersifat mengoksidasi seperti chlorine (Wimalawansa, 2013).

Pada proses desalinasi air laut dengan metode *reverse osmosis*, *pre-treatment* dengan unit *pe-filter* ini memang sangat dibutuhkan. *Beach sand filtration* dengan menggunakan pasir pantai sebagai media pernah digunakan sebagai *pre-treatment* RO. *Beach sand filtration* ini terbukti dapat meningkatkan efisiensi dan mencegah terjadinya pembentukan *fouling* yang berdampak negatif pada proses pengolahan menggunakan membran (Bartak *et al.*, 2012)

Unit lain yang pernah digunakan sebagai *pre-filter* adalah *roughing filter*. Menurut Nkwonta dan Ochieng pada tahun 2009, *roughing filter* sangat cocok digunakan sebagai teknologi *pre-treatment* pada pengolahan air di negara berkembang. Penggunaan *roughing filter* sangat efisien untuk memisahkan partikel padat yang halus tanpa menggunakan bahan kimia tambahan.

### 2.3 Unit *Roughing Filter*

*Roughing filter* (RF) merupakan unit yang biasa digunakan sebagai unit *pre-treatment*. Fungsi unit RF ini adalah untuk reduksi padatan melalui proses filtrasi. RF dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti luas permukaan, jenis media yang digunakan, diameter media, kecepatan filtrasi, dan proses adsorpsi yang mirip dengan proses biologi serta proses kimia. Unit ini juga dapat meningkatkan kualitas air pada sisi kualitas biologi dan parameter kualitas air minum lainnya seperti warna dan total organik yang terlarut. Efisiensi penghilangan partikel pada unit RF tergantung pada desain filter dan kualitas air yang masuk atau *influent*. Filter ini meningkatkan kualitas fisik dari air yang diolah karena dapat menghilangkan padatan yang tersuspensi dan menurunkan nilai kekeruhan. RF juga diharapkan dapat meningkatkan kualitas air dari sisi kandungan bakteri karena proses penyaringan efektif dalam menghilangkan virus dan bakteri dengan ukuran antara 0,2 – 1,0  $\mu\text{m}$ .

RF memiliki satu kompartemen yang terdiri dari media filter dengan diameter bervariasi. Namun, terdapat pula RF yang terdiri dari beberapa kompartemen dengan setiap kompartemen memiliki media dengan diameter yang sama. Terdapat beberapa jenis RF yaitu *Horizontal Roughing Filter* (HRF), *Downflow Roughing Filter in series* (DRFS) dan *Upflow Roughing Filter* (URFS). Unit RF ini diketahui dapat mereduksi *coliform* dan bakteri sekitar 25% hingga 100% (Al-Bayati dan Habeeb, 2009).

RF biasanya digunakan sebagai unit *pre-treatment* air sebelum diolah pada unit *Slow Sand Filter* (SSF) (Kimwaga *et al.*, 2004). Menurut Grady dan Lim pada tahun 1980, mekanisme degradasi pada RF adalah:

- Transfer mikroorganisme dari cairan ke biofilm
- Adsorpsi mikroorganisme yang berlangsung pada biofilm.

- Pada lapisan biofilm akan terjadi reaksi metabolik mikroorganisme
- Mikroba akan menempel pada permukaan media saat biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi pada lapisan biofilm.
- Mekanisme pelepasan biofilm dan produk lainnya yang terbentuk.

Keterbatasan HRF adalah beroperasi pada kecepatan yang rendah sehingga menyebabkan dibutuhkannya volume filter yang besar. Hal tersebut juga menyebabkan rendahnya efisiensi removal koloid pada air dengan kekeruhan yang tinggi (Ahsan dan Alaert, 1991). Masalah-masalah yang sering terjadi pada pengoperasian RF yaitu:

- Apabila besar aliran berkurang karena *clogging*, pencucian dan inspeksi harus dilakukan.
- Apabila kualitas *effluent* pada RF dengan *influent* yang sama menurun, perlu dilakukan penggantian pada ukuran media gravel.

Kriteria desain yang bisanya digunakan untuk merancang unit RF menurut Wegelin pada tahun 1996 adalah:

- Kecepatan filtrasi ( $V_f$ ) antara  $0,3 - 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ .
- Kedalaman RF *upflow* dan *downflow* antara  $0,6 - 1,2 \text{ m}$  dan panjang *horizontal flow*  $5 - 7 \text{ m}$ .
- Lebar antara  $4 - 5 \text{ m}$ .
- Luas permukaan filter *upflow* dan *downflow* antara  $25 \text{ m}^2 - 30 \text{ m}^2$  dan  $4 \text{ m}^2 - 6 \text{ m}^2$  *wide cross area* untuk *horizontal flow*.
- Fraksi media gravel yang digunakan pada RF terdapat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1 Ukuran Media pada *Roughing Filter***

Deskripsi Roughing Filter	Ukuran Media Filter (mm)		
	Kompartemen I	Kompartemen II	Kompartemen III
Coarse	24-16	18-12	12-8
Normal	18-12	12-8	4-8
Fine	12-8	8-4	4-2

Sumber: Wegelin, 1996

Media yang biasa digunakan pada unit RF adalah pasir kuarsa dan gravel tetapi kedua media ini dapat diganti dengan *clean material* dan media yang tahan secara mekanis. Alternatif media lainnya juga harus memiliki luas permukaan yang dapat meningkatkan kinerja proses sedimentasi dan memiliki porositas yang tinggi untuk tempat mengakumulasi partikel yang terseparasi. Material media yang dapat digunakan sebagai media filter antara lain:

- Batu kali
- Batuan dari pertambangan
- Bata
- Material dari plastik dalam bentuk kepingan atau *modules*
- Arang
- Serabut kelapa

## **2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Filtrasi**

Pada proses filtrasi dengan menggunakan unit filter, banyak faktor-faktor yang mempengaruhi dan berperan penting dalam pengolahan air. Hal ini tentunya akan mempengaruhi efisiensi dari unit filter itu sendiri. Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi proses filtrasi pada unit filter.

### **1. Kekeruhan**

Material penyebab kekeruhan adalah *slit/clay* atau bahan organik yang berasal dari limbah dan mikroorganisme seperti *algae* (Peavy, 1985 dalam Hadi, 2012). Kekeruhan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh penting pada proses penyaringan di unit filter. Penurunan kekeruhan maksimum dipengaruhi oleh jenis keseragaman media dan kecepatan aliran. Kekeruhan maksimum yang diperbolehkan untuk air minum menurut Departemen Kesehatan RI adalah 5 NTU (Hadi, 2012).

### **2. Bentuk Butiran**

Bentuk butiran sangat berpengaruh pada besar kecilnya lubang pori dan luas permukaan yang terbentuk. Air yang mengalami kontak dengan luas permukaan media filter sangat menentukan proses operasional dan peristiwa hidrolika dari filter tersebut.

### 3. Ketebalan Media

Tebal dan tipisnya media akan mempengaruhi lamanya pengaliran dan besarnya daya saring. Media yang terlalu tebal biasanya mempunyai daya saring yang cukup tinggi, tetapi akan membutuhkan waktu detensi yang cukup besar. Sebaliknya media yang terlalu tipis selain memiliki waktu pengaliran yang pendek kemungkinan juga memiliki daya saring yang rendah. Menurut Duran-Ros *et al.* pada tahun 2009, semakin tinggi media filter yang dipakai maka penyisihan kekeruhan akan semakin baik karena semakin banyak ruang kosong antar partikel sehingga partikel yang terjebak dalam media filter akan lebih banyak. Namun semakin tinggi media filter juga dapat menyebabkan semakin besarnya *head loss* yang dihasilkan dan semakin cepat *clogging* yang terjadi sehingga media filter harus di *backwash* agar hasil outlet tetap mencapai target (Pamularsih dkk, 2013)

### 4. Diameter Butiran dan Ukuran dari Media

Keadaan media yang terlalu kasar atau terlalu halus akan menimbulkan variasi dalam ukuran rongga antar butir. Ukuran pori sendiri menentukan besarnya tingkat porositas dan kemampuan menyaring partikel halus yang terdapat dalam air baku (Hadi, 2012).

### 5. Debit Filtrasi

Debit yang terlalu besar akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien sehingga proses filtrasi tidak dapat terjadi dengan sempurna, akibat adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati rongga diantara butiran media pasir. Hal ini menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media penyaring dengan air yang akan disaring. Kecepatan aliran yang terlalu tinggi melewati rongga antar butiran menyebabkan partikel-partikel yang terlalu halus yang tersaring akan lolos. Selain itu terjadi gerakan-gerakan butiran media yang menyebabkan tertutupnya lubang pori, sehingga akan cepat terjadi *clogging* dan akibatnya proses filtrasi yang sedang berlangsung segera dihentikan.

### 6. Laju Filtrasi

Untuk mendapatkan hasil filtrasi yang baik diperlukan keseimbangan antara laju filtrasi dengan kondisi media yang ada. Laju yang terlalu besar akan menyebabkan tidak

berfungsinya filter secara efisien. Dengan adanya aliran yang terlalu cepat dalam melewati ruang pori di antara butiran media akan menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media dengan air yang akan disaring. Kecepatan aliran yang terlalu tinggi akan menyebabkan waktu kontak antara permukaan butiran dengan air yang akan disaring. Kecepatan aliran terlalu tinggi akan menyebabkan lolosnya partikel-partikel halus sedangkan jika terlalu rendah akan menyebabkan *clogging* (Yung, 2003).

#### 7. Temperatur

Air memiliki suhu yang sangat bervariasi, hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor pendukung. Suhu merupakan parameter yang sangat penting dalam proses pengoperasian unit filter. Peningkatan suhu air dapat mempercepat degradasi bahan organik. Selain itu, suhu juga memiliki keterkaitan penting terhadap kecepatan filter dan operasi hidrolik filter. Viskositas air dan konduktivitas hidrolik dari media berpori juga sangat memiliki keterkaitan terhadap suhu. Pembentukan gas dalam cairan terjadi ketika jumlah gas terlarut melebihi titik jenuh pada tekanan tertentu dan pada suhu tertentu. Hal ini dapat menyebabkan terbentuknya gelembung gas dan mengikat udara di pori-pori media (Hadi, 2012).

### 2.5 Kehilangan Tekanan (*Head loss*)

Kehilangan tekanan air dalam pipa ( $H_f$ ) terjadi akibat adanya friksi antara fluida dengan fluida dan antara fluida dengan permukaan dalam pipa yang dilaluinya. Kehilangan tekanan maksimum 10 m/km panjang pipa. Kehilangan tekanan ada dua macam, yaitu:

#### 1. *Major Losses*

*Major losses* merupakan kehilangan tekanan sepanjang pipa lurus, dapat dihitung dengan persamaan Hazen-William:

$$H_f = \left[ \frac{Q}{0,00155 C D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \quad (2.1)$$

Dimana:

$H_f$  = *major losses* sepanjang pipa lurus (m)

$L$  = panjang pipa (m)

$Q$  = debit aliran (L/det)



- D = diameter pipa (cm)  
 C = koefisien Henzen-William (tergantung jenis pipa)

## 2. *Minor Losses*

*Minor losses* merupakan kehilangan tekanan yang terjadi pada tempat-tempat yang memungkinkan adanya perubahan karakteristik aliran, misalnya pada belokan, *valve*, dan aksesoris lainnya. Persamaan yang digunakan adalah:

$$H_{fm} = \frac{kv^2}{2g} \quad (2.2)$$

Dimana:

- $H_{fm}$  = *minor losses* (m)  
 K = konstanta kontraksi (sudah tertentu) untuk setiap jenis peralatan pipa berdasarkan diameternya  
 V = kecepatan aliran (m/det)

Pengaturan kehilangan tekanan aliran dapat diusahakan dengan pemilihan diameter, selain itu juga untuk mengetahui tekanan dan kecepatan aliran yang ada dalam pipa. Besarnya debit aliran dan panjang pipa, diperlukan juga penentuan elevasi tanah pada titik-titik tertentu (*node*) dari daerah pelayanan.

Selain terjadi pada pipa yang terdiri dari *major losses* dan *minor losses*, kehilangan tekanan juga dapat terjadi pada aliran yang melewati media pada filter. *Head loss* di sini merupakan peristiwa kehilangan tekanan pada media filter. Hal ini juga dapat diartikan sebagai selisih tinggi tekanan air antara inlet dengan outlet (Khumyahd, 1991).

## 2.6 Hidrolika Filtrasi

Prinsip aliran pada media berbutir sering dianggap sama dengan prinsip aliran pada pipa berjumlah banyak. Kehilangan tekanan pada media berbutir dapat dihitung dengan beberapa persamaan yang merupakan modifikasi dari persamaan untuk menghitung kehilangan tekanan pada pipa.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kehilangan tekanan pada media berbutir adalah persamaan Carman-Kozeny dan persamaan Rose. Persamaan Carman-Kozeny dapat dilihat pada persamaan 2.3 di bawah.

$$H_L = f' \frac{L}{\psi d} \left( \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{V a^2}{g} \quad (2.3)$$

Dimana:

$f'$  = fungsi Nre  
 $L$  = ketebalan media  
 $Va$  = kecepatan aliran  
 $\psi$  = faktor bentuk  
 $\varepsilon$  = porositas media

Nilai  $f'$  merupakan fungsi dari bilangan Reynolds. Bilangan Reynolds digunakan sebagai acuan dalam membedakan aliran laminar dan turbulen selain itu bilangan ini juga dapat dimanfaatkan sebagai acuan untuk mengetahui jenis-jenis aliran yang berada dalam air. Besaran bilangan Reynolds dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kecepatan fluida, viskositas absolut fluida dinamis, viskositas kinematik fluida, dan kecepatan dari fluida. Setelah diperoleh nilai bilangan Reynolds maka nantinya jenis arah aliran juga akan diketahui yaitu berupa aliran laminar maupun aliran turbulen (Reynolds, 1996).

Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan rumus persamaan di bawah.

$$f' = 150 \left( \frac{1-\varepsilon}{Nre} \right) + 1,75 \quad (2.4)$$

$$N_{re} = \frac{\psi \cdot d \cdot Va}{v} = \frac{\psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu} \quad (2.5)$$

Dimana:

$\rho$  = kerapatan (densitas) fluida  
 $v$  = kecepatan  
 $d$  = diameter media  
 $\mu$  = viskositas absolut

Selain persamaan Carman-Kozeny pada perhitungan bilangan Reynold, terdapat persamaan Rose untuk menghitung kehilangan tekanan pada media filter.

$$H_L = 1,067 \frac{C d \cdot L \cdot Va^2}{\psi \cdot d \cdot \varepsilon^4 g} \quad (2.6)$$

Dimana:

$Cd$  = koefisien drag  
 $L$  = ketebalan media  
 $Va$  = kecepatan aliran  
 $d$  = diameter media  
 $\psi$  = faktor bentuk  
 $\varepsilon$  = porositas media

$Cd$  merupakan koefisien *drag* yang besarnya tergantung pada bilangan Reynolds. Nilai  $Cd$  dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$\text{Untuk } Nre < 1: \quad Cd = \frac{24}{Nre} \quad (2.7)$$

$$\text{Untuk } 1 < Nre < 10^4: \quad Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34 \quad (2.8)$$

$$\text{Untuk } Nre > 10^4: \quad Cd = 0,4 \quad (2.9)$$

Kehilangan tekanan secara keseluruhan diakibatkan karena adanya kehilangan energi yang disebabkan gesekan air dengan media filter. Kerugian oleh friksi dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$F = 150 [(1-20)/Nre] + 1,75 \quad (2.10)$$

## 2.7 Porositas Media Filter

Porositas merupakan perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh agregat. Pori merupakan ruang di dalam butiran yang selalu terisi oleh fluida, seperti air tawar/asin, udara atau gas bumi. Perbandingan rongga-rongga pori terhadap total seluruh butiran ini biasanya dinyatakan dalam persen (Gueguen dan Palciauskaus, 1994).

Ukuran pori sendiri menentukan besarnya tingkat porositas dan kemampuan menyaring partikel halus yang terdapat dalam air baku (Hadi, 2012). Porositas media filter juga tergantung pada susunan butiran-butiran tersebut di dalam lapisan media (Droste, 1997). Menurut Elbana *et al.* pada tahun 2012 bahwa semakin kecil ukuran atau diameter yang digunakan

maka porositas akan semakin kecil karena rongga yang terbentuk semakin sedikit. Menggunakan ukuran butir yang kecil menyebabkan makin sedikit ruang kosong yang terdapat di antara butir sehingga porositasnya akan lebih kecil (Vlack, 1995).

Menurut Utama pada tahun 2013, selain dipengaruhi ukuran bentuk butir porositas juga dipengaruhi oleh sifat bahan yang digunakan. Contohnya media dengan serbuk kayu gergaji memiliki porositas sedang, setelah disterilkan dalam autoklaf tidak mengalami perubahan bentuk, juga kurang menyerap air. Sedangkan contoh lain adalah biji-bijian yang memiliki porositas rendah, setelah direbus dan disterilkan menjadi lembek dan menyerap banyak air karena kulit biji yang melindungi sudah tidak ada. Uji porositas pada media dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Memasukkan sejumlah cacahan plastik ke dalam *beaker glass* kemudian dicatat volume yang terlihat pada *beaker glass* sebagai volume keseluruhan media
2. Masukkan 500 ml (volume total air) air ke dalam *beaker glass* tersebut hingga air terlihat dipermukaan media. Catat sisa air sebagai volume sisa.
3. Didapatkan volume pori dari selisih volume total air dan volume sisa air.
4. Hitung porositas dengan persamaan (Gueguen dan Palciauskaus, 1994):

$$\emptyset = \frac{\text{volume pori-pori}}{\text{volume keseluruhan media}} \times 100\%$$

## 2.8 Massa Jenis

Massa jenis atau densitas merupakan massa partikel yang menempati satu unit volume tertentu (Wirakartakusumah dalam Krisnan dan Ginting, 2009). Massa jenis ini juga disebut kerapatan yang merupakan suatu kekompakan partikel dalam suatu bahan. Nilai kerapatan dapat dihitung dengan rumus (Berli, 2013):

$$\text{Kerapatan} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad (2.11)$$

Secara teoritis untuk jenis benda yang sama dengan volume berapa pun akan memiliki densitas yang sama. Namun pada penelitian Sari dkk tahun 2012 dan Berli dkk tahun 2013 menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel semakin besar massa jenisnya. Perbedaan nilai massa jenis yang ada kemungkinan besar terjadi karena adanya porositas dan perbedaan nilai densitas ini juga tidak terpaut jauh satu sama lain. Menurut Haygreen dan Bowyer pada tahun 1989, kerapatan partikel berhubungan langsung dengan porositasnya yaitu proporsi volume rongga kosong. Uji massa jenis atau densitas pada butiran dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Memasukkan sejumlah cacahan plastik ke dalam *beaker glass* kemudian dicatat volume yang terlihat pada *beaker glass* sebagai volume keseluruhan media dan pori
2. Timbang media di dalam *beaker glass* tersebut dan dicatat sebagai massa media
3. Masukkan 500 ml (volume total air) air ke dalam *beaker glass* tersebut hingga air terlihat dipermukaan media. Catat sisa air sebagai volume sisa
4. Didapatkan volume pori dari selisih volume total air dan volume sisa air
5. Selisih volume keseluruhan media dengan volume pori dicatat sebagai volume media tanpa pori
6. Dihitung massa jenis dengan rumus: massa/volume

## **2.9 Analisa Ayakan (*Sieve Analysis*)**

Analisa ayakan atau *sieve analysis* merupakan suatu percobaan menyaring contoh melalui satu set ayakan, dimana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan ke bawah. Analisa ini biasanya digunakan untuk menyaring material atau partikel yang memiliki diameter lebih dari atau sama dengan 0,075 mm. Analisa ayakan ini juga dikenal dengan analisis saringan agregat. Analisis saringan agregat ialah penentuan prosentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka prosentase digambarkan pada grafik pembagian butir (SNI 03-1968-1990).

Menurut Fernlund pada tahun 1997, partikel yang diayak biasanya menggunakan saringan dengan ukuran saringan 6,16, 19, 22, 27, 32, 45, 54, dan 64 mm. Pada pelaksanaan analisa

ayakan ini dapat dilakukan dengan mengayak partikel dengan cara memutar ayakan ke segala arah untuk melihat partikel yang melewati dan partikel yang tidak melewati saringan. Setelah dilakukan pengayakan dengan cara ini dapat diketahui berat total serta jumlah partikel yang memiliki ukuran di antara interval saringan. Data inilah yang akan digunakan untuk membuat kurva kumulatif. Menurut SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar ukuran saringan dapat dilihat pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2 Ukuran Saringan pada Analisa Ayakan**

No. Ayakan	Diamater lubang (mm)
2 1/2"	63,5 mm
2"	50,8 mm
1 1/2"	37,5 mm
1"	25 mm
3/4"	19,1 mm
1/2"	12,5 mm
3/8"	9,5 mm
No. 4	4,75 mm
No. 8	2,36 mm
No. 16	1,18 mm
No. 30	0,6 mm
No. 50	0,3 mm
No. 100	0,15 mm
No. 200	0,075 mm

*Sumber: SNI 03-1968-1990*

## 2.10 Pompa Air

Pompa adalah jenis mesin yang biasanya digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi atau dari tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang tekanannya lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi jika terdapat gaya tekan sehingga dapat mengatasi hambatan akibat perbedaan tinggi permukaan. Setelah itu akan terjadi perubahan energi dari energi kinetik menjadi hidrolis (Darsono, 2012).

Pompa berdasarkan prinsip perubahan energinya dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu pompa dengan energi potensial dan pompa dengan energi kinetik. Jenis pompa yang

menggunakan prinsip perubahan energi potensial adalah *reciprocating pump* dan *rotary pump* sedangkan jenis pompa yang menggunakan prinsip perubahan energi kinetik adalah *axial flow pump*, *mixed flow pump*, dan *centrifugal pump* (Sularso, 2000).

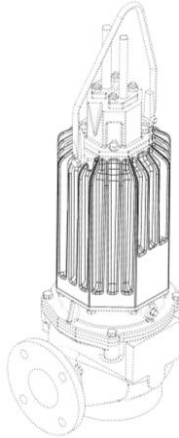
Pada penelitian ini digunakan pompa *submersible* dalam pengoperasian reaktor. Pompa *submersible* ini termasuk ke dalam pompa sentrifugal jenis pompa sumur dalam dengan letak permukaan air di luar kekuatan hisap pompa biasa. Prinsip cara kerja pompa *submersible* adalah mengubah energi mekanis menjadi energi hidrolis dengan cara memberikan gaya sentrifugal pada fluida yang dipindahkan (Cruch dan Harahap, 1993).

Pompa *submersible* digerakkan oleh motor listrik. Fluida masuk melalui saringan antara motor penggerak dengan pompa dan oleh sudu-sudu *impeller* yang berputar bersamaan dan searah dengan poros pompa akan mempercepat aliran fluida secara *axial*. Kemudian oleh sudu-sudu *diffuser* yang posisinya diam, fluida diarahkan ke atas menuju *impeller* berikutnya. Energi kecepatan berkurang dan diubah menjadi energi tekanan di dalam *diffuser*. Hal ini akan terjadi sampai ke tingkat yang lebih tinggi sehingga untuk memompa fluida dengan debit dan *head* tertentu diperlukan tahap-tahap tertentu yang sesuai dengan muka air yang akan dipompa (Darsono, 2012; Cruch dan Harahap, 1993).

Berdasarkan penjelasan di atas dapat diketahui bahwa bagian-bagian utama yang ada pada pompa *submersible* adalah motor listrik yang berfungsi sebagai pemutar poros pompa, poros pompa yang berfungsi meneruskan daya dari motor listrik ke *impeller*, *impeller* yang berfungsi memberikan gaya sentrifugal sehingga fluida dapat naik, dan *diffuser* yang berfungsi mengubah energi kecepatan menjadi energi tekanan sehingga fluida dapat mengalir ke tingkat yang lebih tinggi.

Pada penggunaannya pompa *submersible* ini tersedia dengan banyak jenis dan variasi, salah satunya adalah pompa yang digunakan pada akuarium. Pompa akuarium ini menggunakan prinsip *submersible*. Terdapat banyak jenis pompa akuarium yang dijual di pasaran dengan spesifikasi berbeda-beda dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Penelitian ini secara spesifik menggunakan pompa akuarium *submersible* untuk

mengalirkan fluida atau air sampel dari drum penampungan ke unit *pre-filter*. Contoh ilustrasi pompa *submersible* dapat dilihat pada Gambar 2.1 sedangkan jenis pompa akuarium *submersible* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.1 Pompa Submersible**  
(sumber: Moysi *et al.*, 2012)



**Gambar 2.2 Pompa Akuarium Submersible**

### **2.11 Sampah Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET)**

Plastik merupakan polimer yang mempunyai keunggulan yaitu sifatnya kuat tapi ringan, tidak karatan dan bersifat termoplastis serta dapat diberi warna. Menurut Erliza dan Sutedja (dalam Nurminah, 2002), plastik dapat dikelompokkan atas dua



tipe, yaitu thermoplastik dan termoset. Thermoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene*, dan *polyvinil chloride*. Sedangkan termoset adalah plastik yang tidak dapat dilunakkan oleh pemanasan, antara lain *phenol formaldehid* dan *urea formaldehid* (Nurminah, 2002).

Nurminah (2002) menjelaskan *Polyethylene* merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Apabila dilakukan pemanasan, *polyethylene* akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C. PET mempunyai kombinasi sifat-sifat: kekuatan (*strength*) yang tinggi, kaku (*stiffness*), dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrik yang baik. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. PET dapat diproses dengan proses ekstrusi pada suhu tinggi 518-608°F, selain itu juga dapat diproses dengan teknik cetak injeksi maupun cetak tiup. Sebelum dicetak sebaiknya resin PET dikeringkan lebih dahulu (maksimum kandungan uap air 0,02 %) untuk mencegah terjadinya proses hidrolisa selama pencetakan. Penggunaan PET sangat luas yaitu digunakan sebagai bahan pembuat botol-botol untuk air mineral, *soft drink*, kemasan sirup, saus, selai, dan minyak makan (Mujiarto, 2005).

Menurut Surdia dan Saito (2005), sifat khas polimer sangat berubah oleh perubahan temperatur. Hal ini disebabkan apabila temperatur berubah, pergerakan molekul karena termal akan mengubah molekul atau merubah struktur (terutama struktur yang berdimensi besar).

## **2.12 Pemanfaatan Sampah Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET)**

Syafitrie (2001) mengatakan bahwa limbah plastik dapat didaur ulang kembali menjadi barang plastik, tetapi hanya 80% jenis plastik yang dapat diproses dengan melakukan teknik pencampuran dengan bahan baku baru dan *additive* untuk meningkatkan kualitasnya. Sisanya tetap sulit untuk di daur ulang, walaupun memungkinkan tetapi membutuhkan biaya yang besar serta proses yang lebih panjang.

Pemanfaatan sampah plastik PET telah cukup banyak

dilakukan oleh masyarakat seperti dilakukannya daur ulang yang menghasilkan barang-barang bernilai ekonomis seperti kerajinan, tas, dan hiasan. Pemanfaatan ini sangat menguntungkan karena selain mengurangi jumlah timbunan sampah plastik, hal ini juga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat.

Selain masyarakat, sampah plastik salah satunya jenis PET ini banyak juga dimanfaatkan oleh peneliti untuk mengembangkan teknologi dan ilmu pengetahuan serta mencari energi dan teknologi alternatif. Sifatnya sebagai polimer ternyata dapat membuat plastik PET dikonversikan menjadi bahan bakar bersama jenis-jenis plastik lainnya. Konversi plastik menjadi bahan bakar ini dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti *hydro cracking*, *thermal cracking*, atau *catalytic cracking*. Penelitian tentang proses *hydro cracking* ini antara lain telah dilakukan oleh Rodiansono (2005) yang melakukan *penelitian hydro cracking* sampah plastik polipropilena menjadi bensin (hidrokarbon C5-C12) menggunakan katalis NiMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Proses *hydro cracking* dilakukan dalam reaktor semi alir (*semi flow-fixed bed reactor*) pada temperatur 300, 360, dan 400 °C; rasio katalis/umpan 0,17; 0,25; 0,5 dengan laju alir gas hidrogen 150 ml/jam. Uji aktivitas katalis NiMo/zeolite yang menghasilkan selektivitas produk C7-C8 tertinggi dicapai pada temperatur 360°C dan rasio katalis/umpan 0,5. Kinerja katalis NiMo/zeolit menurun setelah pemakaian beberapa kali, tetapi dengan proses regenerasi kinerjanya bisa dikembalikan lagi.

Kemudian untuk metode *thermal cracking* dilakukan oleh Bajus dan Hájeková pada tahun 2010. Penelitian ini tentang pengolahan campuran 7 jenis plastik menjadi minyak dengan metode *thermal cracking*. Tujuh jenis plastik yang digunakan dalam penelitian ini dan komposisinya dalam persen berat adalah HDPE (34,6%), LDPE (17,3%), LLPE (17,3%), PP (9,6%), PS (9,6%), PET (10,6%), dan PVC (1,1%). Penelitian ini menggunakan *batch reactor* dengan temperatur dari 350 sampai 500 °C. Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa *thermal cracking* pada campuran 7 jenis plastik akan menghasilkan produk yang berupa gas, minyak, dan sisa yang berupa padatan. Adanya plastik jenis PS, PVC dan PET dalam campuran plastik yang diproses akan meningkatkan terbentuknya karbon

monoksida dan karbon dioksida di dalam produk gasnya dan menambah kadar benzene, toluene, xylenes, styrene di dalam produk minyaknya. Penelitian lain dilakukan Osueke dan Ofundu (2011) yaitu konversi plastik *low density polyethylene* (LDPE) menjadi minyak. Proses konversi dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan *thermal cracking* dan *catalyst cracking*.

Selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar, sampah plastik ini juga dapat dimanfaatkan menjadi bahan tambah terhadap karakteristik lapis aspal beton (laston). Penggunaan plastik sebagai alternatif bahan tambah diharapkan dapat meningkatkan kualitas perkerasan beton (Purnamasari dan Suryaman, 2010).

### **2.13 Penelitian Terdahulu**

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan peneliti terdahulu yang memiliki beberapa kesamaan aspek seperti pemanfaatan plastik untuk pengolahan air dan penggunaan filter untuk mengolah air minum. Beberapa penelitian tersebut adalah:

1. Novitria Arumsari tahun 2008 dengan judul penelitian, “Uji Penurunan Kekeruhan Air PDAM Menggunakan Media Plastik tanpa Penambahan Bahan Kimia”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis plastik dan panjang pipa terhadap nilai kekeruhan. Air dari kran ditampung di bak penampung kemudian dialirkan ke sebuah pipa yang telah diisi plastik untuk selanjutnya diamati perubahan nilai kekeruhannya. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah panjang pipa/plastik dan jenis plastik. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa plastik jenis *nylon* (tali tanpa diameter 0,1 cm) dan *low density polyethylene* (plastik segel) dapat menurunkan kekeruhan air PDAM. Variabel yang paling efektif untuk menurunkan kekeruhan adalah pipa dengan panjang 1 m yang berisi plastik segel dengan prosentase kemampuan untuk menurunkan kekeruhan berkisar antara 14,71% - 40,27%. Namun nilai kekeruhan akhir yang didapatkan masih belum memenuhi baku mutu air bersih sehingga reaktor tidak layak dijadikan alat penurunan kekeruhan air PDAM.
2. Abidin (2009) dengan judul penelitian “Perbedaan Ketebalan Kombinasi antara Filter Zeolit dan Karbon Aktif Terhadap

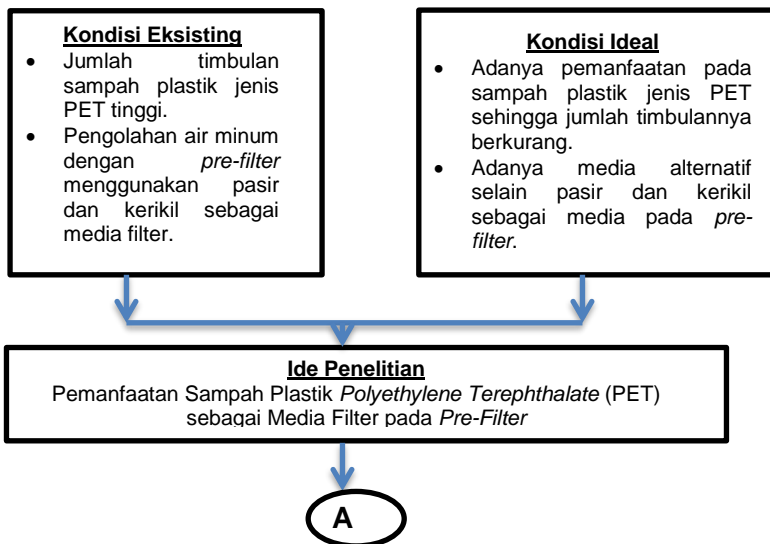
Penurunan Kesadahan Air Sumur Artesis di Sendangguwo, Tembalang, Kota Semarang.” Pada penelitian ini dilakukan variasi ketebalan media filter untuk menurunkan kesadahan air dengan media zeolit dan karbon aktif berbanding 1:1 dan kombinasi ketebalan 60 cm, ketebalan 70 cm, dan ketebalan 80 cm dengan ulangan sembilan kali. Hasil penelitian ini diperoleh penurunan kesadahan tertinggi pada filtrasi dengan ketebalan 70 cm, yaitu rata-rata sebesar 95,1%.

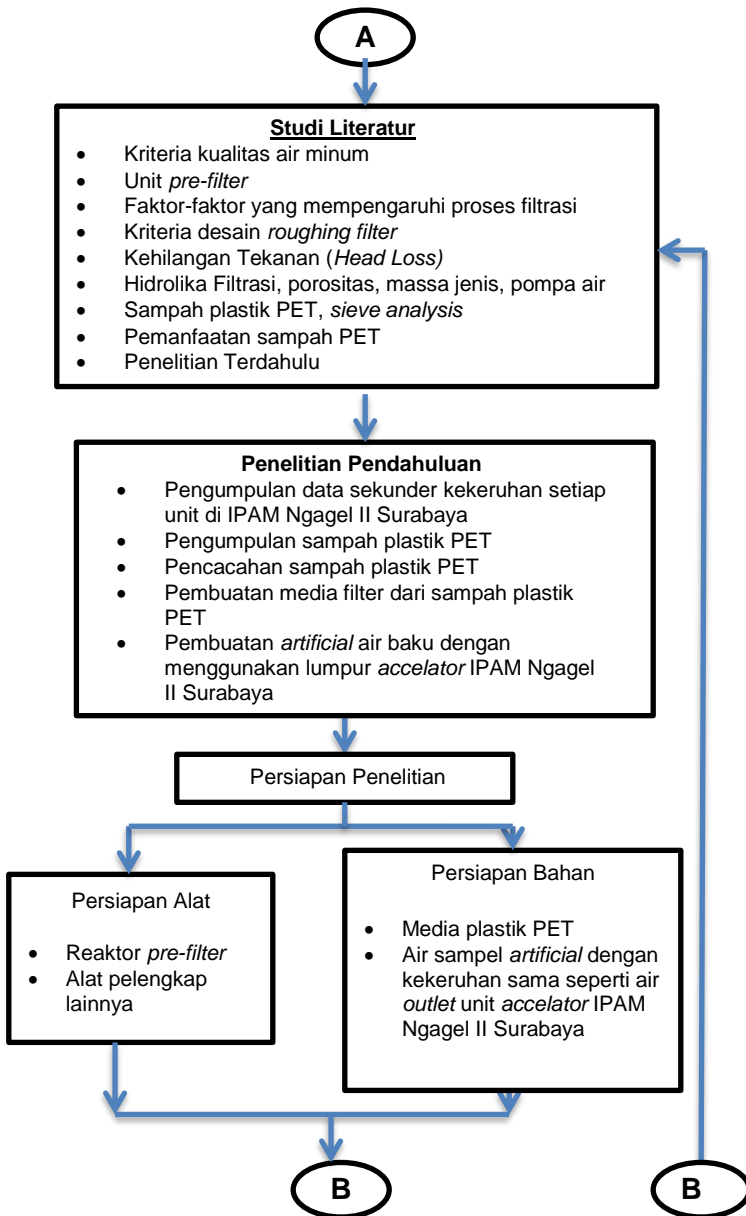
3. Ayuningtyas dkk (2013) dengan judul penelitian “Pengaruh Ketebalan Media *Geotextile* dan Arah Aliran *Slow Sand Filter* Rangkaian Seri untuk Menyisihkan P Total dan N Total”. Penelitian ini menggunakan dua variabel yaitu variasi arah aliran dan variasi ketebalan media *geotextile*. Ketebalan media *geotextile* yang digunakan sebesar 4 cm dan 6 cm sedangkan variasi arah aliran yang digunakan yaitu *downflow-upflow* dan *downflow-downflow*. Hasil yang didapatkan adalah ketebalan media *geotextile* optimum adalah 6 cm dan arah aliran yang menunjukkan hasil lebih baik adalah aliran *downflow-downflow*.
4. Adi Suaidi (2009) dengan judul “Efisiensi Kinerja *Rapid Sand Filter* Menurunkan Kandungan Deterjen dengan Menggunakan Media Kulit Udang sebagai Media Filter”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pasir silika dan antrasit dalam menurunkan deterjen dan kandungan deterjen yang lolos akan diadsorpsi oleh kitosan dalam satu rangkaian reaktor. Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan kecepatan optimum adalah  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  dan tebal media kitosan 10 cm.

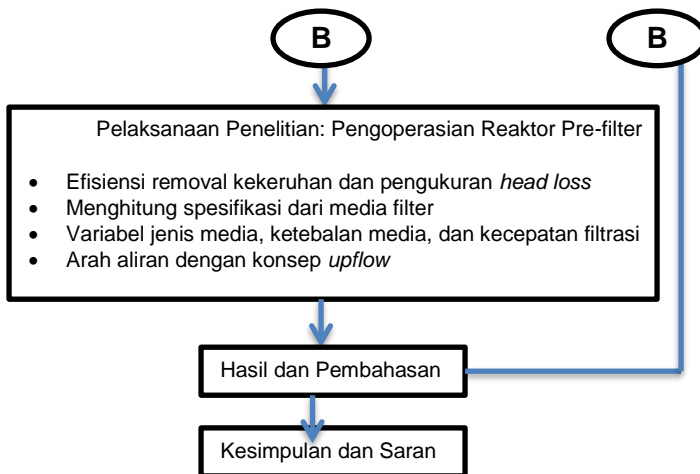
## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Kerangka penelitian

Kerangka penelitian merupakan garis metode berisi dasar dan alur pemikiran yang digunakan untuk melaksanakan tahapan penelitian. Kerangka penelitian dibuat dalam bentuk gambaran visual tahapan penelitian untuk mempermudah peneliti. Kerangka penelitian ini terdiri antara kondisi eksisting dan kondisi ideal sehingga dapat ditentukan ide penelitian dan rumusan masalahnya. Selanjutnya dilakukan studi literatur guna mendapatkan dasar-dasar teori yang mendukung penelitian. Setelah itu dilakukan persiapan penelitian meliputi persiapan alat dan bahan serta penelitian pendahuluan. Kemudian melakukan analisis dan pembahasan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan dengan mengacu pada literatur yang mendukung untuk merumuskan kesimpulan. Adanya kerangka penelitian juga dapat meminimalkan kesalahan yang terjadi dalam penelitian. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.







**Gambar 3.1 Kerangka Penelitian**

### 3.2 Ide Penelitian

Ide penelitian tugas akhir ini diangkat dari besarnya prosentase timbulan sampah plastik salah satunya plastik jenis PET yang sebagian besar berasal dari botol air mineral. Hal ini menyebabkan perlu adanya pemanfaatan dari sampah plastik PET untuk mengurangi jumlah timbulan guna terwujudnya Indonesia bebas sampah tahun 2020. Berdasarkan beberapa literatur dan penelitian sebelumnya, disebutkan bahwa plastik dapat dimanfaatkan dalam menurunkan nilai kekeruhan air. Di sisi lain pengolahan air minum membutuhkan *pre-filter* sebagai *pre-treatment* dari unit filtrasi karena kualitas air baku yang kurang baik sehingga nantinya akan mempengaruhi kinerja unit filter itu sendiri.

*Pre-filter* telah banyak digunakan dan pada umumnya *pre-filter* ini menggunakan pasir, antrasit, dan kerikil sebagai media filter. Pengembangan dan inovasi pada *pre-filter* dan media filternya perlu dilakukan untuk mendapatkan pengolahan air minum paling optimal. Sampah plastik jenis PET merupakan salah satu alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai media filter. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan menggunakan plastik sebagai media pengolahan air dan terbukti dapat

menurunkan kekeruhan walaupun sedikit. Penelitian lanjutan yang mengembangkan ide tersebut perlu dilakukan karena selain dapat mengurangi timbulan sampah yang sulit didegradasi, hal ini dapat menjadi inovasi baru dalam teknologi sederhana pengolahan air minum.

### 3.3 Studi Literatur

Studi literatur dibutuhkan dari awal hingga akhir penelitian untuk menunjang jalannya penelitian supaya dapat memperoleh dasar teori yang jelas dan dapat dipertanggung jawabkan. Penggunaan studi literatur dalam analisis penelitian dapat menunjang penelitian menjadi semakin terarah sehingga mempunyai patokan atau pedoman dalam pembuatan pembahasan dan akhirnya diperoleh suatu kesimpulan dari hasil penelitian. Literatur yang digunakan disesuaikan dengan penelitian yang dibahas dan perlu diperhatikan mengenai bahasan dari beberapa literatur yang akan digunakan.

Pada penelitian ini literatur yang digunakan meliputi kriteria kualitas air minum, unit *pre-filter*, faktor-faktor yang mempengaruhi proses filtrasi, dan kriteria desain *roughing filter* yang digunakan sebagai dasar dalam perencanaan reaktor, variasi yang digunakan, dan parameter kualitas yang harus dicapai. Literatur mengenai hidrolika filtrasi dan perhitungan *head loss* pada media filter juga dibutuhkan untuk mengetahui dasar perhitungan *head loss*. Literatur mengenai media filter, porositas, massa jenis, *sieve analysis*, pompa air, sampah plastik PET, pemanfaatan sampah PET, dan pustaka lain yang mendukung penelitian pun dipelajari sebagai informasi tambahan yang mendukung penelitian ini. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku, jurnal penelitian baik internasional maupun nasional yang diakses di internet dan beberapa penelitian pendahuluan.

### 3.4 Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian ini dilakukan penelitian pendahuluan untuk mendapatkan data karakteristik air baku. Sampel yang diuji karakteristiknya pada penelitian pendahuluan adalah air baku hasil pengolahan unit sebelum unit filter yaitu unit *accelerator* di IPAM Ngagel II Surabaya. Parameter yang diujikan pada air baku



adalah kekeruhan. Uji kekeruhan ini dilakukan dengan menggunakan alat turbidimeter. Data hasil uji kekeruhan pada air baku ini nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan *artificial sample* yaitu air baku buatan dengan kekeruhan sama seperti keadaan sebenarnya. Data uji kekeruhan yang didapatkan merupakan data sekunder dari Laboraturium IPAM Ngagel II Surabaya.

Kemudian dilakukan juga pengumpulan sampah plastik PET. Pada penelitian ini sampah plastik PET yang digunakan adalah botol air mineral dengan ukuran kapasitas botol sebesar 600 ml dan diambil dari seluruh area PT Newmont Nusa Tenggara. Setelah dikumpulkan, plastik PET dibersihkan dan dipisahkan dari tutup botol serta plastik yang membungkus botol tersebut agar memudahkan proses penghalusan. Penghalusan media menggunakan mesin pencacah khusus plastik hingga ukuran botol plastik menjadi potongan-potongan kecil. Cacahan plastik ini kemudian dibuat menjadi media filter dengan cara memasukkannya ke dalam jaring-jaring plastik yang sudah dibentuk balok sesuai dengan ketebalan yang diinginkan.

### 3.5 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan menunjang kegiatan penelitian. Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

1. Sampah plastik jenis PET sebanyak 15 kg

Sampah plastik ini dicacah dengan mesin pencacah plastik LONGJING JLXK1A-411. Pencacahan dilakukan sebanyak satu kali dengan hasil plastik menjadi potongan-potongan kecil. Sampah plastik PET didapatkan dari seluruh area di PT Newmont Nusa Tenggara dan lokasi pencacahan plastik PET dilakukan di Fasilitas *Recycle* PT Newmont Nusa Tenggara.



### **Gambar 3.2 Hasil Pencacahan Plastik PET**

Sumber: Dokumentasi pribadi

2. Kain sebanyak 2 m  
Kain ini akan dijadikan tempat pencetak media plastik PET sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Kain memiliki kerapatan kurang dari 1 cm x 1 cm agar cacahan plastik tidak ikut keluar dan tersaring saat proses filtrasi berlangsung. Kain yang digunakan untuk membungkus dan membentuk media dapat dilihat pada Gambar 3.3.



### **Gambar 3.3 Kain Pembungkus Plastik PET**

Sumber: Dokumentasi pribadi

3. Media fabrikasi 1 m x 1 m  
Media fabrikasi ini akan digunakan sebagai variasi media untuk membandingkan hasil media yang dibuat dengan plastik PET dan media filter yang dijual di pasaran.
4. Kaca *acrylic* 1 m x 2m, tebal 0,5 cm sebanyak 1 buah  
Kaca *acrylic* digunakan sebagai bahan pembuat reaktor *pre-filter*. *Acrylic* dipilih sebagai bahan reaktor karena kuat, mudah dibersihkan, dan transparan sehingga memudahkan dalam proses pengamatan terhadap kualitas air serta proses filtrasi yang berlangsung (Hutama dan Karnaningroem, 2013).
5. Kran air plastik sebanyak 1 buah  
Kran air plastik akan dipasang dibagian atas reaktor sebagai *valve* untuk mengambil contoh air yang telah diolah oleh *pre-filter* dengan media plastik PET.
6. Pipa PVC  
Pipa PVC digunakan untuk komponen penyambung reaktor agar menjadi satu kesatuan yang utuh dan air dapat mengalir ke dalam reaktor.

7. Selang air

Selang air digunakan untuk mengalirkan air dari drum besar ke drum kecil serta dari drum kecil ke reaktor. Selang digunakan karena karakteristiknya yang lentur dan mudah dibentuk.

8. Valve plastik 2 buah

Valve plastik digunakan untuk mengatur jumlah air yang keluar dari drum penampungan dan masuk ke reaktor.

9. Air sampel yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini sebanyak 4800 L/hari

Jumlah ini didapatkan dari perhitungan yaitu:

- Direncanakan dimensi bak:  $W = 0,1 \text{ m}$   
 $L = 0,1 \text{ m}$   
 $H = 1 \text{ m}$
- $V_f = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ ,  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ , dan  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$
- Volume bak  $= W \times L \times H$   
 $= 0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$   
 $= 0,01 \text{ m}^3$
- Luas penampang  $= \text{Volume total}/H$   
 $= 0,01 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}$   
 $= 0,01 \text{ m}^2$
- Debit air 1  $= V_f \times A$   
 $= 6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} \times 0,01 \text{ m}^2$   
 $= 0,06 \text{ m}^3/\text{jam}$   
 $= \mathbf{60 \text{ L/jam}} \times 4 \text{ variasi}$   
 $= 240 \text{ L/jam}$
- Debit air 2  $= V \times A$   
 $= 8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} \times 0,01 \text{ m}^2$   
 $= 0,08 \text{ m}^3/\text{jam}$   
 $= \mathbf{80 \text{ L/jam}} \times 4 \text{ variasi}$   
 $= 320 \text{ L/jam}$
- Debit air 3  $= V \times A$   
 $= 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} \times 0,01 \text{ m}^2$   
 $= 0,1 \text{ m}^3/\text{jam}$   
 $= \mathbf{100 \text{ L/jam}} \times 4 \text{ variasi}$   
 $= 400 \text{ L/jam}$
- Reaktor akan dioperasikan selama 5 jam/hari jadi total yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Debit 1} + \text{Debit 2} + \text{Debit 3}) \times 5 \text{ jam/hari} \\
 &= (240 \text{ L/jam} + 320 \text{ L/jam} + 400 \text{ L/jam}) \times 5 \text{ jam/hari} \\
 &= 960 \text{ L/hari} \times 5 \text{ jam/hari} = 4800 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

Alat-alat yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah:

1. Mesin pencacah plastik

Mesin pencacah plastik digunakan untuk memperkecil ukuran plastik PET agar dapat dibentuk menjadi media filter. Mesin pencacah yang digunakan adalah jenis LONGJING JLXK1A-411. Mesin pencacah plastik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4 Mesin Pencacah Plastik**

Sumber: Dokumentasi pribadi

2. Turbidimeter

Turbidimeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kekeruhan pada air *inlet* maupun *outlet*.

3. Pompa air akuarium *submersible*

4. Neraca analitik

5. *Beaker glass*

6. Ayakan

Ayakan digunakan untuk menentukan ukuran dari plastik PET yang telah dicacah.

7. Rotameter

Rotameter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur debit aliran air yang melalui pipa. Adanya rotameter ini dapat membantu dalam pengaturan debit aliran air sesuai yang diinginkan.

### 3.6 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara mengalirkan air baku yang berasal dari *oulet* unit sebelum filtrasi ke reaktor dengan

arah aliran *upflow* dengan kecepatan filtrasi 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam, 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam, dan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam (SNI 6774-2008). Pada penelitian ini terdapat tiga variasi yaitu jenis media, ketebalan media dan kecepatan filtrasi yang digunakan. Ketiga variasi ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi efesiensi dari proses filtrasi. Variasi variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Variasi Variabel Penelitian**

Kecepatan filtrasi dan ketebalan media	Kecepatan filtrasi 1 (6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam)***	Kecepatan filtrasi 2 (8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam)***	Kecepatan filtrasi 3 (10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam)***
Ketebalan media 1 (6 cm)*	M1K1V1	M1K1V2	M1K1V3
	M2K1V1	M2K1V2	M2K1V3
Ketebalan media 2 (10 cm)**	M1K2V1	M1K2V2	M1K2V3
	M2K2V1	M2K2V2	M2K2V3

Sumber: \* (Ayuningtyas, 2014)

\*\* (Suaidi, 2009)

\*\*\* (SNI 6774-2008)

Keterangan:

M1 = Media 1 (Media plastik PET)

M2 = Media 2 (Media fabrikasi)

K1 = Ketebalan media 1 (5 cm)

K2 = Ketebalan media 2 (10 cm)

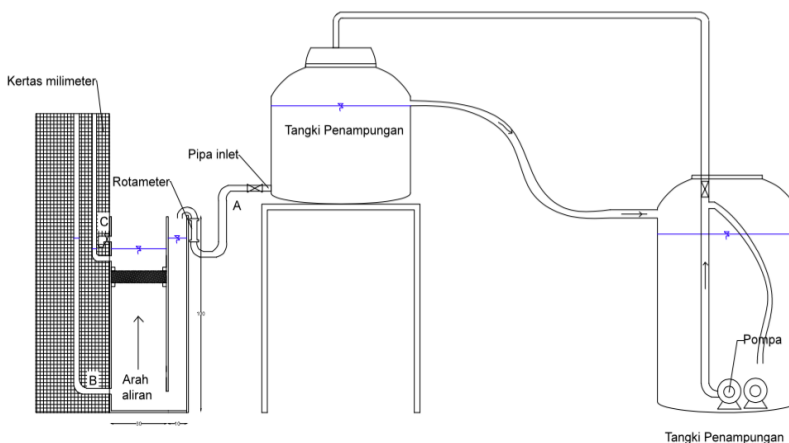
V1 = Kecepatan filtrasi 1 (6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam)

V2 = Kecepatan filtrasi 2 (8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam)

V3 = Kecepatan filtrasi 3 (10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam)

Berdasarkan tabel variasi variabel di atas dapat dilihat bahwa dibutuhkan 12 reaktor berbeda menurut variabel atau variasinya masing-masing. Namun reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini hanya satu reaktor yang dapat dimodifikasi tempat peletakan media filternya dan dapat disesuaikan dengan variasi yang ada sehingga tidak membutuhkan 12 reaktor. Kontrol pada penelitian ini adalah air yang kekeruhannya telah

disesuaikan dengan kondisi sebenarnya dan tidak mendapatkan perlakuan apapun atau variasi apapun. Ilustrasi rencana reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5 Ilustrasi Reaktor *Pre-filter***

Berdasarkan ilustrasi reaktor *pre-filter* dapat diketahui bahwa ukuran filter yang direncanakan berukuran panjang 10 cm, lebar 10 cm dan tinggi 100 cm. Reaktor dilengkapi dengan satu kran plastik sebagai *valve* untuk *sampling* air. Kran diletakkan di atas media filter yang nantinya berfungsi sebagai kran *outlet*.

Bagian tengah reaktor diletakkan media filter plastik PET dan media fabrikasi yang digunakan. Media ini dipasang pada penyangga yang telah dibuat di reaktor. Pada sisi kanan reaktor juga terdapat dua pipa piezometer yang akan berfungsi sebagai alat pengukuran *head loss* dengan melihat selisih ketinggian air di kedua pipa.

Cara kerja reaktor ini adalah air baku dengan kekeruhan yang telah ditentukan akan dipompakan menggunakan pompa *submersible* dari drum besar ke drum kecil yang terletak lebih tinggi daripada drum besar tersebut. Setelah air ditampung pada drum kecil selanjutnya air akan dialirkan ke dalam reaktor secara

gravitasi dengan debit yang telah ditentukan. Pengaturan debit dilakukan menggunakan *valve* dan alat ukur rotameter. Debit yang konstan ini akan memasuki reaktor dan melewati media dengan prinsip aliran *up flow*. Reaktor dioperasikan selama 5 jam untuk setiap variasi. Hal ini dilakukan karena keterbatasan alat dan bahan. Pengambilan sampel dilakukan setiap 10 menit sekali selama 5 jam pengoperasian.

### 3.7 Uji Parameter

Uji parameter pada penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu uji pada air yang diolah (*inlet* dan *outlet*) dan uji pada media yang digunakan *pre-filter*. Pada air hasil pengolahan akan diuji kekeruhannya dengan alat turbidimeter. Selain itu akan diukur *head loss* yang melewati media *pre-filter* dengan melihat perbedaan ketinggian air pada pipa pengukur *head loss* di reaktor.

Uji yang dilakukan pada media *pre-filter* anatara lain uji porositas, densitas, dan ukuran. Tata cara uji ukuran media dengan menggunakan metode ayakan dapat dilihat secara lengkap pada lampiran A. Uji porositas dan densitas dapat diuji dengan cara:

- Uji porositas media
  1. Memasukkan sejumlah cacahan plastik ke dalam *beaker glass* kemudian dicatat volume yang terlihat pada *beaker glass* sebagai volume keseluruhan media
  2. Masukkan 500 ml (volume total air) air ke dalam *beaker glass* tersebut hingga air terlihat dipermukaan media. Catat sisa air sebagai volume sisa.
  3. Didapatkan volume pori dari selisih volume total air dan volume sisa air.
  4. Hitung porositas dengan persamaan (Gueguen dan Palciauskauskas, 1994):

$$\emptyset = \frac{\text{volume pori-pori}}{\text{volume keseluruhan media}} \times 100\%$$

- Uji densitas media
  1. Memasukkan sejumlah cacahan plastik ke dalam *beaker glass* kemudian dicatat volume yang terlihat pada *beaker glass* sebagai volume keseluruhan media dan pori

2. Timbang media di dalam *beaker glass* tersebut dan dicatat sebagai massa media.
3. Masukkan 500 ml (volume total air) air ke dalam *beaker glass* tersebut hingga air terlihat dipermukaan media. Catat sisa air sebagai volume sisa.
4. Didapatkan volume pori dari selisih volume total air dan volume sisa air
5. Selisih volume keseluruhan media dengan volume pori dicatat sebagai volume media tanpa pori
6. Dihitung massa jenis dengan rumus: massa/volume

### 3.8 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan didasarkan pada perbandingan antara studi literatur dengan hasil penelitian terkait. Data tersebut meliputi hasil uji parameter kekeruhan *outlet pre-filter* dan pengukuran *head loss*. Berdasarkan hasil uji parameter terhadap air dari *inlet* dan *outlet pre-filter* dapat diketahui prosentase *removal* dari masing-masing reaktor filter serta keefektifan dari media filter yang berasal dari sampah plastik PET. Penentuan nilai efisiensi pengolahan ini dilakukan dengan acuan parameter uji yang telah direncanakan dan dibandingkan dengan baku mutu atau syarat kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010. Pada pembahasan juga akan dijelaskan perbandingan antara media filter PET yang dibuat dengan media filter fabrikasi yang juga diberikan perlakuan sama seperti media plastik PET. Hal ini dilakukan untuk mengetahui potensi dari media filter plastik PET ini sebagai media filter yang nantinya dapat dibuat secara fabrikasi dan dipasarkan secara luas.

Hasil analisis data dan pembahasan ini juga nantinya akan menjawab rumusan masalah yang telah dibuat dan mengetahui memenuhi atau tidaknya hasil penelitian dengan tujuan yang ingin dicapai peneliti.

### 3.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran didasarkan dari hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan selama penelitian. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan dari penelitian dan untuk mempermudah pembaca memperoleh gambaran ringkasan



hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Saran yang berisi evaluasi dan rekomendasi dapat berguna bagi penelitian selanjutnya agar tidak terjadi kesalahan yang sama dan dapat tercapainya penyempurnaan penelitian sehingga diperoleh informasi yang dapat dipertanggung jawabkan dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Air Baku

Air baku yang digunakan pada penelitian ini merupakan air baku artifisial. Air baku artifisial ini dibuat dengan melakukan pencampuran antara air PDAM dengan lumpur yang didapatkan dari unit *accelerator* IPAM Ngagel II Surabaya. Pengambilan lumpur dilakukan pada unit ini karena unit *accelerator* merupakan unit yang digunakan untuk mengolah air sebelum memasuki unit filter. Lumpur yang didapatkan masih berupa lumpur dengan kandungan air yang tinggi sehingga memudahkan dalam pembuatan air baku artifisial karena lebih cepat homogen.

Berdasarkan data sekunder yang didapatkan dari Laboratorium IPAM Ngagel II Surabaya pengukuran hari Minggu tanggal 5 November 2016, tingkat kekeruhan pada setiap unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1 Kualitas Air IPAM Ngagel II Surabaya**

Jam	Kekeruhan (NTU)				
	Sungai	Prased	Predikatur	Accelerator	Filter
0	161	129	97	67	4.16
2	156	117	92	52	3.76
4	162	130	98	68	3.96
6	172	135	106	97	3.27
8	78			23	3.31
10	85			26	3.59

Pada tabel di atas disajikan data kualitas air IPAM Ngagel II Surabaya pada masing-masing unit yang diambil pada saat keadaan tidak hujan. Hasil pengukuran kekeruhan pada unit *accelerator* yang dilakukan setiap dua jam sekali menunjukkan bahwa kekeruhan pada unit ini mengalami fluktuasi. Maka dari itu kekeruhan yang dipilih untuk membuat air sampel artifisial dipilih kekeruhan yang paling tinggi yaitu 97 NTU dengan deviasi kesalahan 10%. Pada saat pengoperasian reaktor dilakukan

*mixing* secara terus-menerus pada dasar drum agar tidak terjadi pengendapan dan perubahan kekeruhan yang signifikan.

## **4.2 Analisis Media Pre-filter**

Penelitian ini menggunakan dua jenis media yang akan dibandingkan kemampuannya dalam menurunkan nilai kekeruhan dan *head loss*. Media pertama merupakan media dari cacahan plastik PET sedangkan media kedua merupakan media fabrikasi yang banyak dijual dipasaran dan biasa digunakan sebagai media pada filter akuarium.

Sebelum dilakukan pengoperasian reaktor dilakukan analisis terhadap sifat-sifat fisik media yang akan digunakan. Analisis meliputi ukuran cacahan plastik PET, porositas media plastik PET, porositas media fabrikasi, massa jenis plastik PET, dan massa jenis media fabrikasi.

### **4.2.1 Ukuran Media**

Plastik PET yang digunakan pada penelitian dicacah terlebih dahulu menggunakan mesin pencacah plastik sebelum dijadikan media *pre-filter*. Ukuran dan homogenitas ukuran cacahan plastik ini belum diketahui dan perlu dianalisis terlebih dahulu untuk membuat media *pre-filter* yang akan digunakan. Analisis ukuran cacahan plastik PET ini menggunakan metode ayakan sesuai SNI 03-1968-1990 tentang analisis saringan agregat halus dan kasar. Langkah-langkah analisis ini secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.

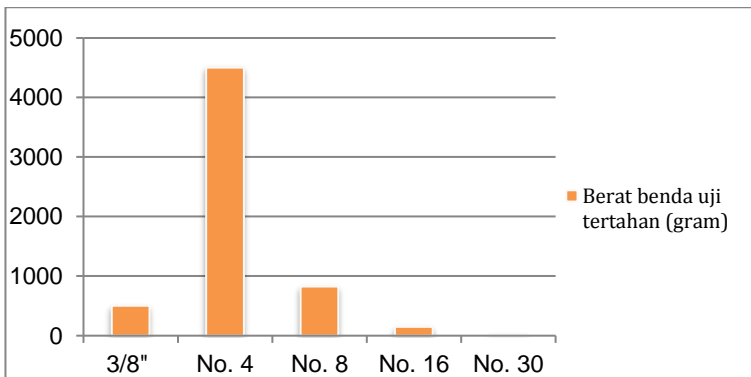
Pengukuran dilakukan dengan menyusun satu set saringan mulai dari ukuran terbesar 37,5 mm (3") ditempatkan paling atas hingga ukuran terkecil yaitu saringan No.200 (0,075 mm) di bagian paling atas. Kemudian cacahan plastik disaring melewati susunan saringan dengan cara mengguncang saringan dengan tangan. Setelah dilakukan penyaringan atau pengayakan didapatkan bahwa ukuran maksimal dari cacahan plastik PET adalah 3/8" (9,5 mm). Pengayakan dilanjutkan kembali dengan mengikuti kriteria berat minimal agregat kasar dengan ukuran maksimal 3/8" yaitu 1 kg (SNI 03-1968-1990). Pada penelitian ini dilakukan pengayakan menggunakan 6 kg cacahan plastik. Hasil akhir dari pengayakan ini terdapat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

**Tabel 4.2 Hasil Ayakan Cacahan Plastik PET**

No. Ayakan	Berat benda uji tertahan (gram)	% Media tertahan
3/8" (9.5 mm)	500	8.33
No. 4 (4.75 mm)	4500	75
No. 8 (2.36 mm)	825	13.75
No. 16 (1.18 mm)	150	2.5
No. 30 (0.6 mm)	25	0.42

**Tabel 4.3 Data Stok Cacahan Plastik PET**

No. Ayakan	D. Media (x 0,1 cm)	% Media tertahan	% Kumulatif Media tertahan
1/2" (12.5 mm)	125	0	0
3/8" (9.5 mm)	95	8.33	8.33
No. 4 (4.75 mm)	47.5	75	83.33
No. 8 (2.36 mm)	23.6	13.75	97.08
No. 16 (1.18 mm)	11.8	2.5	99.58
No. 30 (0.6 mm)	6	0.42	100

**Gambar 4.1 Ukuran Cacahan Plastik PET**

Berdasarkan data pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 ukuran cacahan plastik PET setelah diayak terbagi menjadi lima ukuran yaitu tertahan pada ayakan 3/8" (9,5 mm), No.4 (4,75 mm), No.8 (2,36 mm), No.16 (1,18 mm), dan No.30 (0,6 mm). Prosentase

terbesar terdapat pada cacahan plastik yang tertahan di ayakan No.4 (4,75 mm) atau lolos ayakan 3/8" (9,5 mm) yaitu 75% dari 6 kg total cacahan plastik. Prosentase kedua terbesar yaitu 13,75% tertahan pada ayakan No.8 (2,36 mm), selanjutnya 8,33% tertahan pada ayakan 3/8" (9,5 mm), 2,5% tertahan pada ayakan No.16 (1,18 mm), dan prosentase terkecil 0,42% tertahan pada ayakan No.30 (0,6 mm). Ukuran terkecil yang tertahan pada ayakan No.30 (0,6 mm) berupa serbuk halus yang bercampur dengan debu.

Dari kelima ukuran cacahan yang ada dipilih ukuran dengan prosentase terbesar yaitu cacahan plastik tertahan di ayakan No.4 (4,75 mm) atau lolos ayakan 3/8" (9,5 mm) sebagai media plastik pada *pre-filter*. Hal ini dikarenakan jumlah cacahan plastik dengan ukuran tersebut merupakan ukuran yang paling banyak dan dominan sehingga dapat memenuhi kebutuhan pembuatan media sesuai variasi ketebelan yang diinginkan.

#### 4.2.2 Porositas Media

Kemampuan penyaringan salah satunya ditentukan oleh tingkat porositas. Tingkat porositas yang rendah akan menghasilkan kemampuan penyaringan yang tinggi. Porositas media filter tergantung pada susunan butiran-butiran tersebut di dalam lapisan media (Droste, 1997).

Porositas sendiri merupakan perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh agregat. Pori merupakan ruang di dalam butiran yang selalu terisi oleh fluida, seperti air tawar/asin, udara atau gas bumi. Perbandingan rongga-rongga pori terhadap total seluruh butiran ini biasanya dinyatakan dalam persen dan dihitung dengan persamaan berikut (Gueguen dan Palciauskaus, 1994):

$$\phi = \frac{\text{volume pori} - \text{pori}}{\text{volume keseluruhan media}} \times 100\%$$

Pengukuran porositas dilakukan pada empat ukuran cacahan plastik PET yaitu cacahan plastik lolos 1/2" (12,5 mm), lolos 3/8" (9,5 mm), lolos No.4 (4,75 mm), dan lolos No.8 (2,36 mm). Untuk ukuran terkecil yaitu lolos ayakan No.16 (1,18 mm)

tidak diukur porositasnya karena ukuran partikelnya yang sangat kecil menyerupai debu.

Pada saat pengukuran, dilakukan masing-masing tiga kali percobaan pada setiap ukuran cacahan kemudian di rata-rata agar mendapat hasil yang lebih valid. Pengukuran menggunakan *beaker glass*, gelas ukur, dan air yang digunakan untuk mendapatkan volume rongga dari cacahan plastik. Hasil pengukuran secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran B sedangkan langkah-langkah pengukuran beserta dokumentasi dapat dilihat pada Lampiran E.

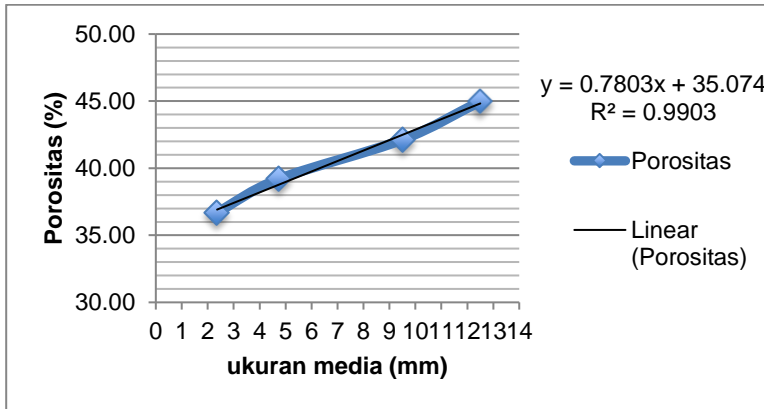
Hasil pengukuran porositas rata-rata untuk masing-masing ukuran cacahan plastik PET dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4 Porositas Cacahan Plastik PET**

Ukuran	No. Percobaan	Porositas (%)	Rata-rata
Lolos 1/2" (12.5 mm)	1	44.44	44.98
	2	45.21	
	3	45.28	
Lolos 3/8" (9.5 mm)	1	41.43	42.13
	2	42.11	
	3	42.86	
Lolos No. 4 (4.75 mm)	1	41.18	39.20
	2	36.31	
	3	40.12	
Lolos No. 8 (2.36 mm)	1	35.48	36.70
	2	38.78	
	3	35.83	

Berdasarkan data pada tabel di atas diketahui bahwa semakin kecil ukuran cacahan maka semakin kecil nilai porositasnya. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin kecil ukuran atau diameter yang digunakan maka porositas akan semakin kecil karena rongga yang terbentuk semakin sedikit (Elbana *et al.*, 2012). Porositas terbesar yaitu 44,98% terdapat pada cacahan yang lolos ayakan 1/2" (12,5 mm) sedangkan porositas terkecil pada cacahan yang lolos ayakan No.8 (2,36

mm) yaitu sebesar 36,7%. Data pada tabel di atas kemudian disajikan pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2 Porositas Cacahan Plastik PET**

Pada grafik yang disajikan di atas dapat diketahui persamaan hubungan antara porositas dan ukuran media dengan nilai regresi mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan antara kedua variabel yang dianalisa.

Selain mengukur porositas cacahan plastik PET, diukur pula porositas media plastik PET yang telah dibentuk sesuai variasi ketebalan yang akan digunakan sebagai media *pre-filter*. Pada media ini cacahan plastik dibentuk menjadi kubus dengan bantuan kain yang membungkus cacahan plastik tersebut. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui adanya perbedaan porositas terhadap cacahan plastik PET sebelum dibentuk dan sesudah dibentuk.

Metode pengukuran yang digunakan sama dengan pengukuran pada cacahan plastik namun wadah yang digunakan berbeda. Untuk media yang telah dibentuk ini digunakan wadah khusus yang ukurannya disesuaikan dengan ukuran media agar nantinya dapat diketahui volume media dan volume rongga media itu sendiri. Hasil pengukuran porositas terhadap media yang telah dibentuk ini terdapat pada Tabel 4.5.



**Tabel 4.5 Porositas Plastik PET setelah Dibentuk**

Ketebalan (cm)	No. Percobaan	Porositas (%)	Rata-rata
6	1	44.54	44.34
	2	44.20	
	3	44.29	
10	1	44.49	44.45
	2	44.34	
	3	44.52	

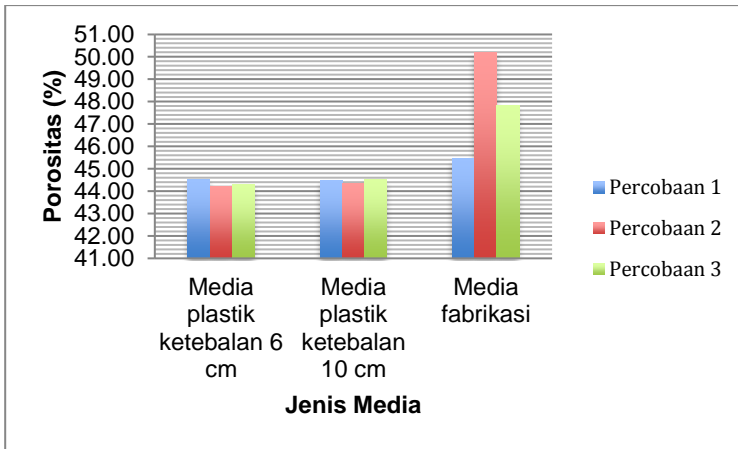
Data hasil pengukuran pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa porositas media plastik PET yang telah dibentuk dengan ketebalan 6 cm memiliki nilai porositas 44,34% sedangkan untuk ketebalan 10 cm porositasnya sebesar 44,45%.

Pada penelitian ini digunakan juga media fabrikasi yang biasa digunakan sebagai media filter pada akuarium dan unit pengolahan air siap minum. Pengukuran sifat fisik salah satunya porositas juga dilakukan pada media ini. Metode pengukuran yang digunakan sama dengan pengukuran media plastik PET, namun bentuk media fabrikasi disesuaikan dengan wadah yang digunakan yaitu *beaker glass*. Dilakukan tiga kali pengulangan pengukuran kemudian hasil ketiga pengulangan tersebut dirata-rata agar mendapat nilai yang lebih valid. Hasil pengukuran tersebut terdapat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6 Porositas Media Fabrikasi**

Media	No. Percobaan	Porositas (%)	Rata-rata
Fabrikasi	1	45.45	47.83
	2	50.21	
	3	47.83	

Berdasarkan data pada Tabel 4.6 diketahui bahwa rata-rata hasil pengukuran tiga kali percobaan porositas adalah 47,83%. Hasil pengukuran porositas media fabrikasi ini kemudian dibandingkan dengan porositas media plastik PET yang telah dibentuk. Porositas media plastik PET yang telah dibentuk dan media fabrikasi disajikan dalam *bar chart* pada Gambar 4.3



**Gambar 4.3 Porositas Media Plastik Dibentuk dan Media Fabrikasi**

Pada grafik di atas dapat dilihat hasil pengukuran porositas dari media plastik PET ketebalan 6 dan ketebalan 10 lebih kecil daripada porositas media fabrikasi. Berdasarkan penelitian Utama pada tahun 2013, porositas media dipengaruhi oleh sifat bahan yang digunakan. Maka dari itu porositas media fabrikasi lebih besar karena struktur dan bahan dari media fabrikasi ini yaitu berupa serat sintesis dari *polyester* sedangkan media plastik memiliki struktur berupa butiran atau agregat.

#### **4.2.3 Massa Jenis Media**

Massa jenis atau densitas merupakan massa partikel yang menempati satu unit volume tertentu (Wirakartakusumah dalam Krisnan dan Ginting, 2009). Massa jenis ini juga disebut kerapatan yang merupakan suatu kekompakan partikel dalam suatu bahan. Nilai kerapatan dapat dihitung dengan rumus (Berli, 2013):

$$\text{Kerapatan} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Pengukuran massa jenis dilakukan pada masing-masing ukuran cacahan plastik PET. Setiap ukuran cacahan plastik

dilakukan tiga kali percobaan kemudian hasilnya dirata-rata agar data yang didapatkan lebih baik. Hasil pengukuran secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran B sedangkan langkah-langkah pengukuran beserta dokumentasi dapat dilihat pada Lampiran E.

Hasil pengukuran rata-rata massa jenis pada setiap ukuran cacahan plastik PET terdapat pada Tabel 4.7.

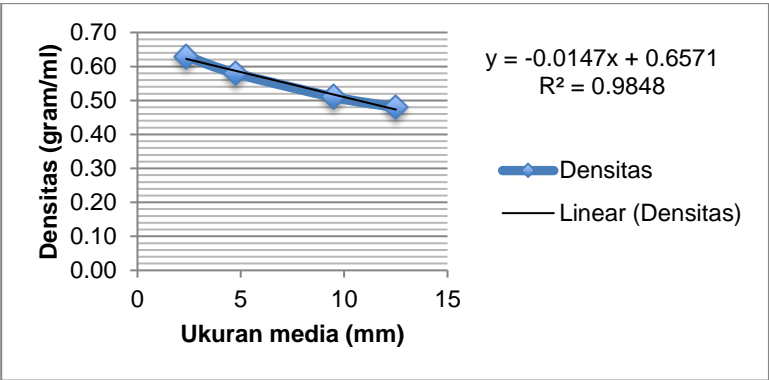
**Tabel 4.7 Massa Jenis Cacahan Plastik PET**

Ukuran	No. Percobaan	Massa Jenis (gram/ml)	Rata-rata
Lolos 1/2" (12.5 mm)	1	0.53	0.48
	2	0.45	
	3	0.46	
Lolos 3/8" (9.5 mm)	1	0.50	0.51
	2	0.56	
	3	0.48	
Lolos No. 4 (4.75 mm)	1	0.58	0.58
	2	0.58	
	3	0.57	
Lolos No. 8 (2.36 mm)	1	0.63	0.63
	2	0.63	
	3	0.63	
Rata-rata			0.55

Berdasarkan hasil pengukuran massa jenis pada masing-masing ukuran cacahan plastik PET dapat dilihat bahwa massa jenis cacahan plastik PET berkisar antar 0,48 gram/cm<sup>3</sup> sampai dengan 0,63 gram/cm<sup>3</sup>. Selain itu terlihat bahwa ukuran berbanding terbalik dengan nilai massa jenis. Massa jenis cacahan lolos ayakan 1/2" (12,5 mm) memiliki nilai massa jenis paling kecil yaitu 0,48 sedangkan massa jenis cacahan lolos ayakan No.8 (2,36 mm) memiliki nilai massa jenis 0,63 gram/cm<sup>3</sup>.

Pada penelitian Sari dkk tahun 2012 dan Berli dkk tahun 2013 juga menunjukkan hal yang sama. Semakin kecil ukuran partikel semakin besar massa jenis nya. Perbedaan nilai massa jenis yang ada kemungkinan besar terjadi karena adanya

porositas. Selain itu pengukuran massa jenis ini dilakukan dengan menumpuk cacahan plastik PET. Menurut Krisnan dan Ginting tahun 2009 hal ini dikenal dengan kerapatan tumpukan bahan. Data hasil pengukuran massa jenis ini juga dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4 Densitas Cacahan Plastik PET**

Pengukuran massa jenis juga dilakukan pada media fabrikasi. Metode pengukuran yang dilakukan pada media fabrikasi menggunakan metode yang sama dengan media plastik PET. Percobaan pengukuran massa jenis dilakukan sebanyak tiga kali kemudian hasilnya dirata-rata agar didapatkan hasil yang lebih baik. Hasil pengukuran massa jenis media fabrikasi dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Massa Jenis Media Fabrikasi**

Media	No. Percobaan	Massa Jenis (gram/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata
Fabrikasi	1	0.14	0.24
	2	0.33	
	3	0.25	

Berdasarkan hasil pada tabel di atas dapat dilihat bahwa massa jenis media fabrikasi yaitu 0,24 gram/cm<sup>3</sup>. Nilai massa jenis ini lebih kecil daripada media plastik PET. Hal ini diduga

karena media fabrikasi memiliki rongga lebih banyak sehingga kerapatannya semakin kecil.

### 4.3 Analisis Kekeruhan

Parameter pertama yang diujikan pada outlet hasil pengoperasian unit *pre-filter* dengan media plastik PET dan media fabrikasi adalah kekeruhan. Analisis dilakukan menggunakan metode turbidimetri dimana dilakukan pengukuran dengan alat turbidimeter. Uji kekeruhan dilakukan pada inlet dan outlet unit *pre-filter*. Pengambilan sampel dilakukan setiap 10 menit sekali selama pengoperasian berlangsung yaitu 5 jam. Dokumentasi hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Lampiran E. Analisis kekeruhan dilakukan pada setiap variasi pada penelitian ini.

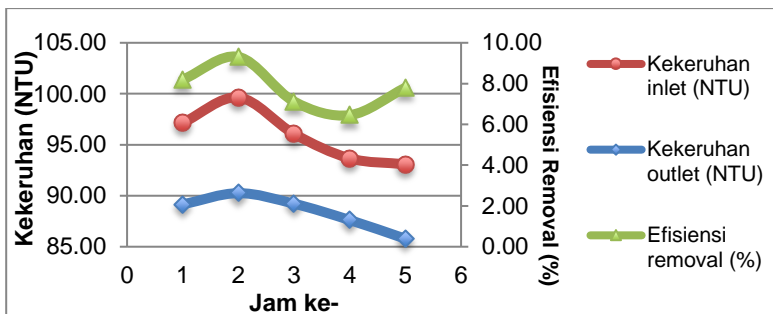
#### 4.3.1 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Variasi pertama adalah menggunakan media plastik PET dengan ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam. Pengambilan sampel untuk pengukuran kekeruhan dilakukan setiap 10 menit sekali selama 5 jam pengoperasian. Jadi setiap jam akan didapatkan masing-masing 6 data kekeruhan.

Data kekeruhan tersebut kemudian dirata-rata untuk mendapatkan hasil kekeruhan setiap jam. Data lengkap hasil pengukuran dapat dilihat pada Lampiran C, sedangkan data hasil uji kekeruhan rata-rata setiap jam pada sampel inlet dan outlet variasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Gambar 4.5.

**Tabel 4.9 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Plastik PET 6 cm	1	97.15	89.15	8.19
	2	99.63	90.25	9.31
	3	96.07	89.22	7.12
	4	93.67	87.62	6.45
	5	93.08	85.78	7.80



**Gambar 4.5 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$**

Berdasarkan tabel dan gambar grafik di atas, penyisihan kekeruhan paling tinggi terjadi pada jam ke-2 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 9,31% dan kekeruhan pada outlet 90,25 NTU. Pada jam ke-4 pengoperasian efisiensi removal bernilai paling rendah yaitu 6,45%. Fluktuasi nilai efisiensi removal ini disebabkan pergerakan dan interaksi antar partikel-partikel tersuspensi.

#### 4.3.2 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$

Pada variasi ini pengambilan sampel untuk pengukuran kekeruhan juga dilakukan setiap 10 menit sekali selama 5 jam pengoperasian. Data lengkap hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Lampiran C sedangkan data hasil uji kekeruhan pengoperasian *pre-filter* dengan media plastik PET ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  rata-rata setiap jam dapat dilihat pada Tabel 4.10. Selain itu terdapat grafik penyisihan kekeruhan pada Gambar 4.6.

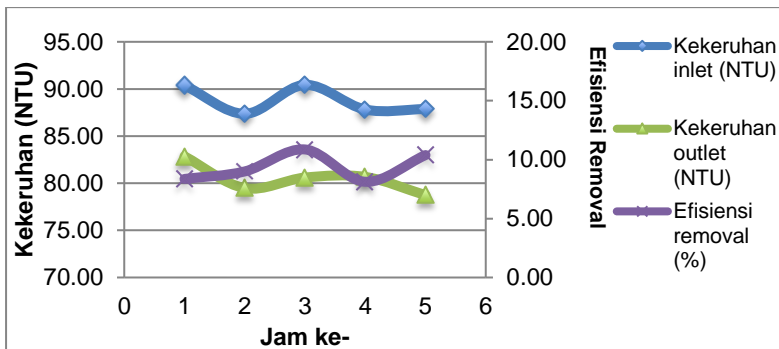
**Tabel 4.10 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Plastik PET 10 cm	1	90.38	82.85	8.37

(Tabel bersambung ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 4.10)

2	87.37	79.48	9.00
3	90.43	80.60	10.87
4	87.82	80.67	8.12
5	87.87	78.73	10.39



**Gambar 4.6 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Efisiensi removal kekeruhan menggunakan media plastik PET dengan ketebalan 10 cm ini berkisar antara 8,12% hingga 10,87%. Efisiensi removal paling tinggi terjadi pada jam ke-3 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 10,87% dan kekeruhan pada outlet 80,6 NTU. Apabila dibandingkan dengan media plastik PET ketebalan 6 cm nilai penurunan kekeruhan ini lebih tinggi. Berdasarkan penelitian Pamularsi dkk tahun 2013 didapatkan hasil bahwa semakin tinggi media semakin meningkat penyisihan turbiditasnya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi media filter semakin banyak ruang kosong antar partikel sehingga partikel yang terjebak dalam media filter akan lebih banyak dan penyisihan kekeruhan semakin baik (Duran-Ros *et al.*, 2009).

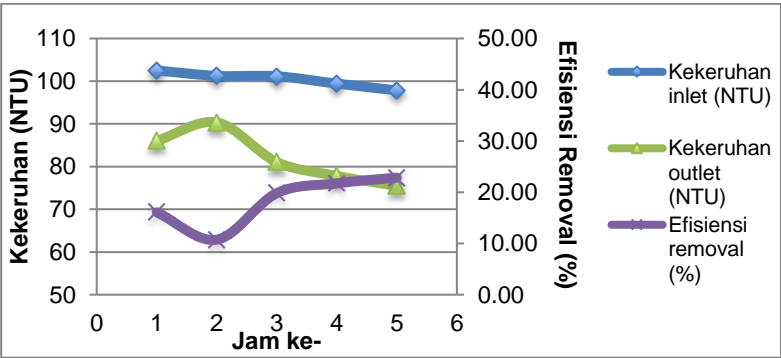
#### **4.3.3 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Jenis media lain yang digunakan pada penelitian ini adalah media fabrikasi yang biasa digunakan sebagai media pada filter akuarium. Data lengkap hasil pengukuran dapat dilihat pada Lampiran C sedangkan hasil uji kekeruhan pada

pengoperasian *pre-filter* dengan media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam rata-rata setiap jam dapat dilihat pada Tabel 4.11. Kemudian grafik penyisihan kekeruhan terdapat pada Gambar 4.7.

**Tabel 4.11 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Fabrikasi 6 cm	1	102.5	86.00	16.10
	2	101.25	90.33	10.75
	3	101.15	81.05	19.82
	4	99.43	77.82	21.74
	5	97.85	75.48	22.85



**Gambar 4.7 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Penyisihan kekeruhan menggunakan media fabrikasi ketebalan 6 cm ini berkisar antara 10,75% hingga 22,85%. Efisiensi removal paling tinggi terjadi pada jam ke-5 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 22,85% dan kekeruhan pada outlet 75,48 NTU.

**4.3.4 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

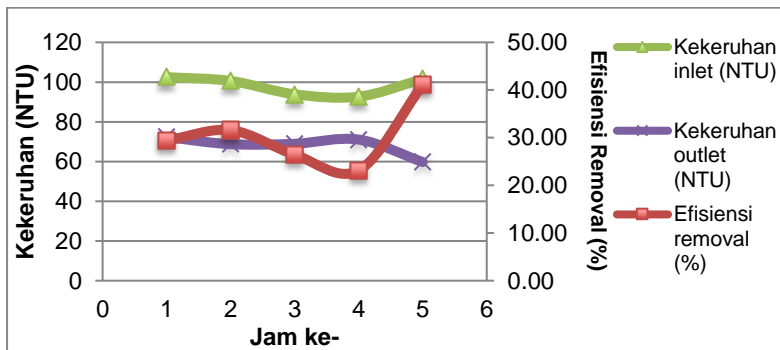
Hasil uji kekeruhan pada pengoperasian *pre-filter* dengan media fabrikasi ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 10



$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  dapat dilihat pada Tabel 4.12 sedangkan grafik penyisihan kekeruhan terdapat pada Gambar 4.8. Untuk data lengkap hasil pengukuran dapat dilihat pada Lampiran C.

**Tabel 4.12 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Fabrikasi 10 cm	1	102.5	72.30	29.40
	2	100.6	68.72	31.58
	3	93.85	68.93	26.44
	4	92.65	71.05	23.13
	5	101.5	59.73	41.09



**Gambar 4.8 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$**

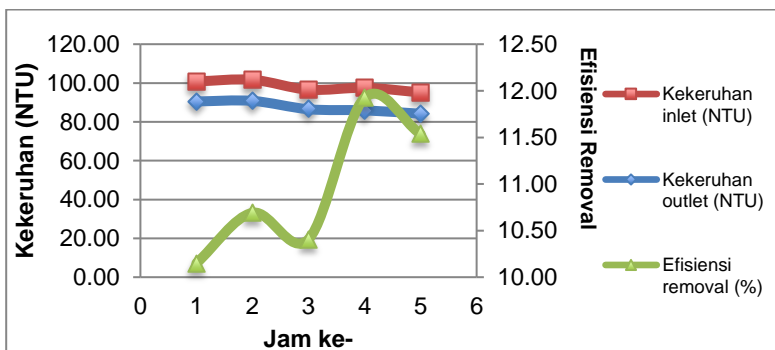
Penyisihan kekeruhan menggunakan media fabrikasi dengan ketebalan 10 cm ini cukup tinggi yaitu antara 23,13% hingga 41,09%. Efisiensi removal paling tinggi terjadi pada jam ke-5 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 41,09% dan kekeruhan pada outlet 59,73 NTU. Hal ini dikarenakan semakin tinggi media filter semakin banyak ruang kosong antar partikel sehingga partikel yang terjebak dalam media filter akan lebih banyak dan penyisihan kekeruhan semakin baik (Duran-Ros *et al.*, 2009).

#### 4.3.5 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Variasi kelima adalah menggunakan media plastik PET dengan ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam. Kecepatan aliran ini merupakan variasi kedua dari variasi kecepatan. Pengukuran kekeruhan pada variasi ini dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian (data lengkap terdapat pada Lampiran C). Data kekeruhan tersebut dirata-rata untuk mendapatkan hasil kekeruhan setiap jam. Data rata-rata setiap jam hasil uji kekeruhan pada sampel inlet dan outlet variasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.9.

**Tabel 4.13 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Plastik PET 6 cm	1	100.83	90.53	10.15
	2	101.67	90.8	10.69
	3	96.57	86.52	10.41
	4	97.55	85.92	11.92
	5	95.17	84.18	11.54



**Gambar 4.9 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Berdasarkan tabel dan gambar grafik di atas, penyisihan kekeruhan paling tinggi terjadi pada jam ke-4 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 11,92% dan kekeruhan

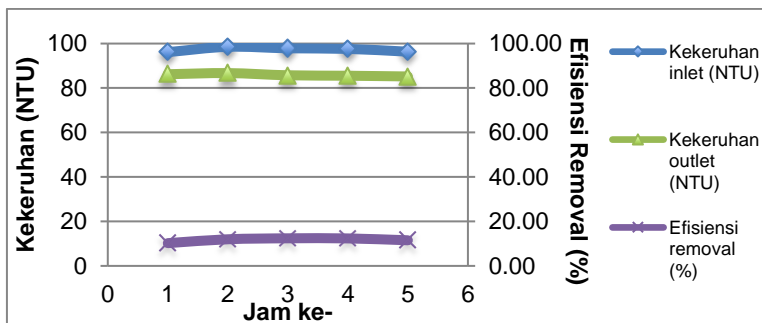
pada outlet 85,92 NTU sedangkan penyisihan kekeruhan paling rendah terjadi pada jam pertama pengoperasian dengan prosentasi removal sebesar 10,15% dan kekeruhan pada outlet 90,53 NTU. Apabila dilihat secara keseluruhan mulai dari jam pertama hingga jam ke-5 pengoperasian, hasil dari variasi ini perbedaannya tidak begitu signifikan yaitu dengan efisiensi removal antara 10,15% hingga 11,92%.

#### 4.3.6 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Data hasil uji kekeruhan pengoperasian *pre-filter* dengan media plastik PET ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran C. Pada pembahasan ini digunakan data rata-rata setiap jam. Data rata-rata tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.14 sedangkan grafik penyisihan kekeruhan terdapat pada Gambar 4.10.

**Tabel 4.14 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Plastik PET 10 cm	1	96.15	86.22	10.23
	2	98.52	86.72	11.98
	3	97.87	85.73	12.40
	4	97.6	85.53	12.35
	5	96.33	85.20	11.52



**Gambar 4.10 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Penyisihan kekeruhan menggunakan media plastik PET dengan ketebalan 10 cm ini berkisar antara 10,23% hingga 12,40%. Efisiensi removal paling tinggi terjadi pada jam ke-3 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 12,40% dan kekeruhan pada outlet 85,73 NTU sedangkan efisiensi paling rendah pada jam pertama pengoperasian dengan prosentase removal yaitu 10,23% dan kekeruhan pada outlet 86,22 NTU.

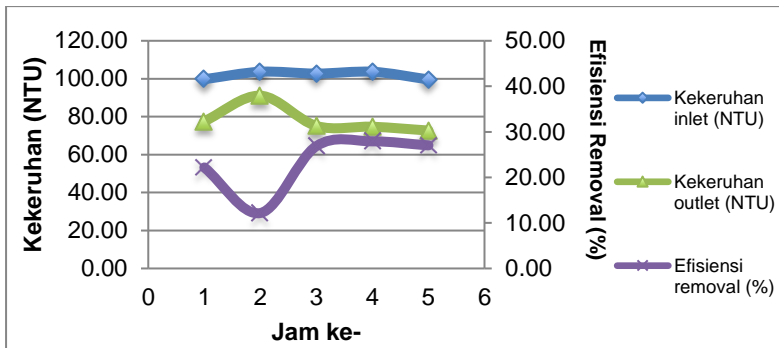
Apabila dibandingkan dengan media plastik PET ketebalan 6 cm nilai penurunan kekeruhan ini lebih tinggi. Berdasarkan penelitian Pamularsi dkk tahun 2013 didapatkan hasil bahwa semakin tinggi media semakin meningkat penyisihan turbiditasnya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi media filter semakin banyak ruang kosong antar partikel sehingga partikel yang terjebak dalam media filter akan lebih banyak dan penyisihan kekeruhan semakin baik (Duran-Ros *et al.*, 2009).

#### 4.3.7 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Jenis media lain yang digunakan pada penelitian ini adalah media fabrikasi yang biasa digunakan sebagai media pada filter akuarium. Hasil uji kekeruhan secara lengkap pada pengoperasian *pre-filter* dengan media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam ini dapat dilihat pada Lampiran C. Pada pembahasan ini digunakan hasil rata-rata setiap jam yang dapat dilihat pada Tabel 4.15 sedangkan grafik penyisihan kekeruhan terdapat pada Gambar 4.11.

**Tabel 4.15 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Fabrikasi 6 cm	1	99.73	77.58	22.19
	2	103.67	91.05	12.17
	3	102.72	75.10	26.87
	4	103.67	74.70	27.91
	5	99.63	72.70	27.02



**Gambar 4.11 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

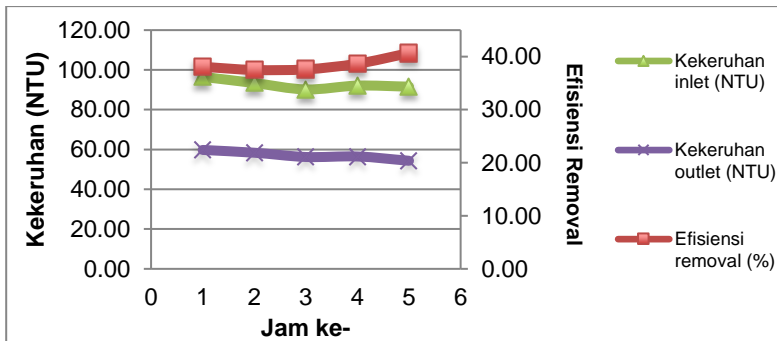
Penyisihan kekeruhan menggunakan media fabrikasi ketebalan 6 cm ini memiliki prosentase removal berkisar antara 12,17% hingga 27,91%. Efisiensi removal paling tinggi terjadi pada jam ke-4 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 27,91% dan kekeruhan pada outlet 74,70 NTU.

#### **4.3.8 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Hasil uji kekeruhan pada pengoperasian *pre-filter* dengan media fabrikasi ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran C. Pada pembahasan ini digunakan hasil rata-rata kekeruhan setiap jam yang dapat dilihat pada Tabel 4.16 sedangkan grafik penyisihan kekeruhan terdapat pada Gambar 4.12.

**Tabel 4.16 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Fabrikasi 10 cm	1	96.52	59.77	38.08
	2	93.42	58.38	37.50
	3	90.18	56.23	37.60
	4	92.10	56.48	38.67
	5	91.58	54.33	40.67



**Gambar 4.12 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Penyisihan kekeruhan menggunakan media fabrikasi dengan ketebalan 10 cm dan kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam ini cukup tinggi yaitu antara 37,51% hingga 40,67%. Efisiensi removal paling tinggi terjadi pada jam ke-5 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 40,67% dan kekeruhan pada outlet 54,33 NTU. Hal ini dikarenakan semakin tinggi media filter semakin banyak ruang kosong antar partikel sehingga partikel yang terjebak dalam media filter akan lebih banyak dan penyisihan kekeruhan semakin baik (Duran-Ros *et al.*, 2009).

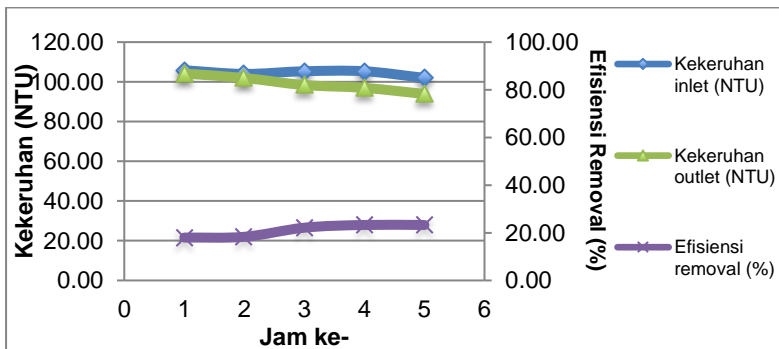
#### **4.3.9 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Pada pengoperasian reaktor variasi ke-9 ini digunakan variasi kecepatan yang ketiga yaitu 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam. Jadi variasi yang digunakan pada pengoperasian kali ini adalah menggunakan media plastik PET dengan ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam. Pengukuran kekeruhan dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian. Jadi total data yang didapatkan selama pengoperasian adalah 30 data kekeruhan inlet dan 30 data kekeruhan outlet. Hasil pengukuran inlet dan outlet ini secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran C.

Data kekeruhan tersebut kemudian dirata-rata untuk mendapatkan hasil kekeruhan setiap jam. Data hasil uji kekeruhan pada sampel inlet dan outlet rata-rata setiap jam untuk variasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.13.

**Tabel 4.17 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Plastik PET 6 cm	1	105.83	86.80	17.98
	2	104.00	84.95	18.31
	3	105.33	82.00	22.15
	4	105.33	80.80	23.29
	5	102.00	78.27	23.27



**Gambar 4.13 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Berdasarkan tabel dan gambar grafik di atas, penyisihan kekeruhan paling tinggi terjadi pada jam ke-4 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 23,29% dan kekeruhan pada outlet 80,8 NTU sedangkan penyisihan kekeruhan paling rendah terjadi pada jam pertama pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 17,98% dan kekeruhan outlet 86,8 NTU.

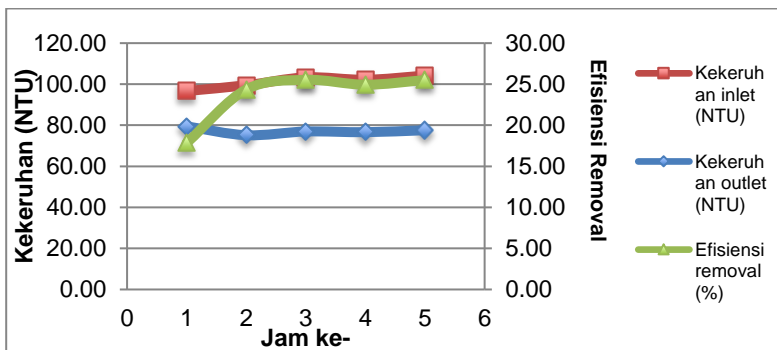
#### **4.3.10 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Data hasil uji kekeruhan pengoperasian *pre-filter* dengan media plastik PET ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran C. Pada pembahasan ini digunakan data kekeruhan rata-rata setiap jam

pengoperasian yang dapat dilihat pada Tabel 4.18 sedangkan grafik penyisihan kekeruhan terdapat pada Gambar 4.14.

**Tabel 4.18 Hasil Uji Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Plastik PET 10 cm	1	96.68	79.45	17.85
	2	99.48	75.17	24.36
	3	103.33	76.95	25.53
	4	102.17	76.63	24.94
	5	104.17	77.58	25.50



**Gambar 4.14 Grafik Kekeruhan Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Penyisihan kekeruhan menggunakan media plastik PET dengan ketebalan 10 cm ini cukup tinggi yaitu antara 17,85% hingga 25,53%. Efisiensi removal paling tinggi terjadi pada jam ke-3 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 25,53% dan kekeruhan pada outlet 76,95 NTU sedangkan efisiensi removal paling rendah terjadi pada jam pertama pengoperasian yaitu sebesar 17,85% dan kekeruhan outlet 79,45 NTU.

Apabila dibandingkan dengan media plastik PET ketebalan 6 cm yang dioperasikan dengan kecepatan sama, nilai penyisihan kekeruhan ini lebih tinggi. Berdasarkan penelitian Pamularsih dkk tahun 2013 didapatkan hasil bahwa semakin tinggi media semakin meningkat penyisihan turbiditasnya. Hal ini



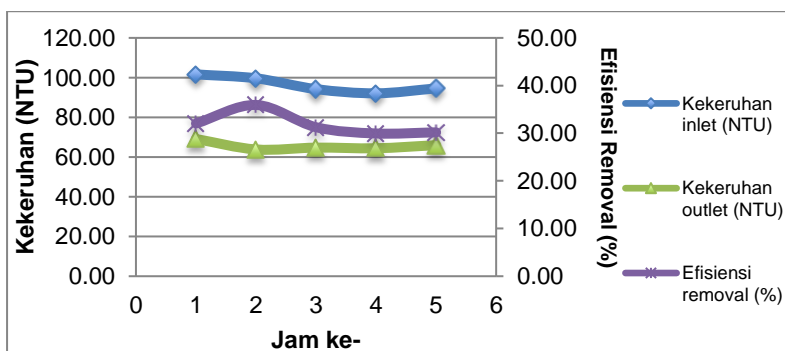
dikarenakan semakin tinggi media filter semakin banyak ruang kosong antar partikel sehingga partikel yang terjebak dalam media filter akan lebih banyak dan penyisihan kekeruhan semakin baik (Duran-Ros *et al.*, 2009).

#### 4.3.11 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Jenis media lain yang digunakan pada penelitian ini adalah media fabrikasi yang biasa digunakan sebagai media pada filter akuarium. Hasil uji kekeruhan pada pengoperasian *pre-filter* dengan media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran C. Pembahasan ini menggunakan data kekeruhan setiap jam rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 4.19 sedangkan grafik penyisihan kekeruhan terdapat pada Gambar 4.15.

**Tabel 4.19 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Fabrikasi 6 cm	1	101.62	69.10	32.06
	2	99.63	63.83	35.92
	3	94.20	64.75	31.26
	4	92.10	64.43	29.95
	5	94.57	65.98	30.19



**Gambar 4.15 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

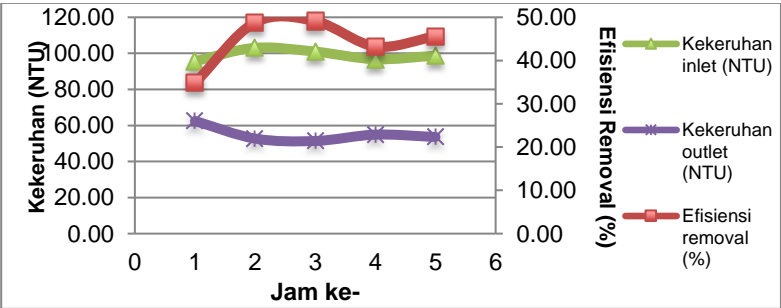
Penyisihan kekeruhan menggunakan media fabrikasi ketebalan 6 cm ini berkisar antara 29,95% hingga 35,92%. Efisiensi removal paling tinggi terjadi pada jam ke-2 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 35,92% dan kekeruhan pada outlet 63,83 NTU sedangkan efisiensi removal paling rendah terjadi pada jam ke-4 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 29,95% dan kekeruhan pada outlet 64,43 NTU.

#### 4.3.12 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Hasil uji kekeruhan pada pengoperasian *pre-filter* dengan media fabrikasi ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam rata-rata setiap jam dapat dilihat pada Tabel 4.20 sedangkan grafik penyisihan kekeruhan terdapat pada Gambar 4.16.

**Tabel 4.20 Hasil Uji Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)
Fabrikasi 10 cm	1	95.65	62.47	34.80
	2	103.05	52.72	48.79
	3	100.95	51.38	49.12
	4	96.73	54.90	43.25
	5	98.68	53.62	45.59



**Gambar 4.16 Grafik Kekeruhan Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Penyisihan kekeruhan menggunakan media fabrikasi dengan ketebalan 10 cm ini cukup tinggi yaitu antara 34,80% hingga 49,12%. Efisiensi removal paling tinggi terjadi pada jam ke-3 pengoperasian dengan prosentase removal sebesar 49,12% dan kekeruhan pada outlet 51,38 NTU sedangkan efisiensi removal terendah terjadi pada jam pertama pengoperasian dengan prosentase removal 34,80% dan kekeruhan pada outlet 62,47 NTU.

Apabila dibandingkan dengan media fabrikasi ketebalan 6 cm yang dioperasikan dengan kecepatan sama, nilai penyisihan kekeruhan ini lebih tinggi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi media filter semakin banyak ruang kosong antar partikel sehingga partikel yang terjebak dalam media filter akan lebih banyak dan penyisihan kekeruhan semakin baik (Duran-Ros *et al.*, 2009).

#### **4.4 Analisis Head Loss**

Parameter kedua yang diukur pada penelitian ini adalah *head loss*. *Head loss* di sini merupakan peristiwa kehilangan tekanan pada media filter. Hal ini juga dapat diartikan sebagai selisih tinggi tekanan air antara inlet dengan outlet (Khumyahd, 1991). Pada penelitian ini pengukuran *head loss* dilakukan dengan menggunakan kedua selang yang dihubungkan ke reaktor *pre-filter*. Selang pertama diletakkan dibagian bawah media sedangkan selang kedua diletakkan pada bagian di atas media. Kedua selang kemudian direkatkan pada papan yang sudah terdapat kertas millimeter untuk membaca beda ketinggian air yang terjadi pada kedua selang. Pengukuran ini mengikuti prinsip piezometri. Pengukuran *head loss* dilakukan pada masing-masing variasi yang ada pada penelitian ini. Dokumentasi hasil pengukuran *head loss* dapat dilihat pada Lampiran E

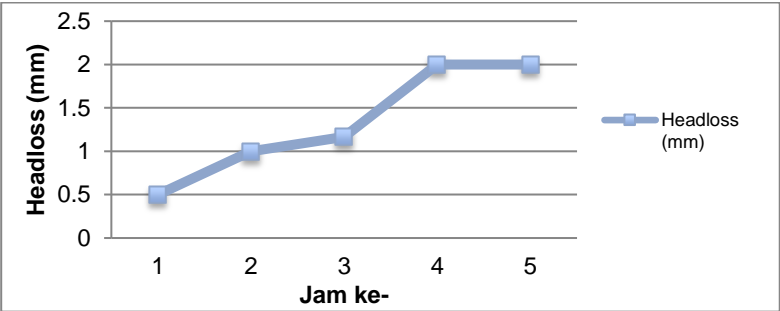
##### **4.4.1 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Pengukuran *head loss* pada variasi media plastik PET ketebalan 6 cm dan kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian hal ini dilakukan bersamaan saat pengambilan sampel outlet. Jadi dalam satu kali pengoperasian didapatkan data pengukuran *head loss* sebanyak 30 data. Data tersebut kemudian dirata-rata untuk mendapatkan

hasil pengukuran rata-rata setiap jam. Hasil pengukuran *head loss* rata-rata untuk setiap jam pada pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media plastik PET ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.17.

**Tabel 4.21 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Plastik PET 6 cm	1	0.5
	2	1
	3	1.17
	4	2
	5	2



**Gambar 4.17 Grafik *Head Loss* Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Berdasarkan data pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *head loss* pada media plastik ketebalan 6 cm sangat kecil. *Head loss* pada media ini antara 0,5 mm hingga 2 mm dengan *head loss* terendah pada jam ke-1 pengoperasian dan *head loss* tertinggi pada jam ke-5 pengoperasian.

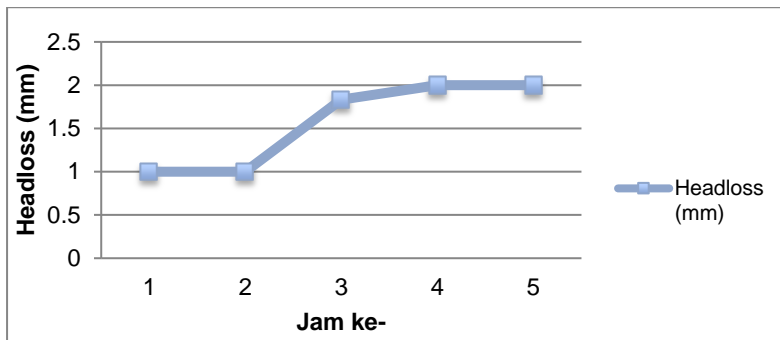
**4.4.2 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Pengukuran *head loss* pada variasi media plastik PET ketebalan 10 cm dan kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dilakukan setiap

10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian. Data lengkap hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Lampiran D. Pada pembahasan ini digunakan data hasil pengukura *head loss* rata-rata setiap jam yang dapat dilihat pada Tabel 4.22 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.18.

**Tabel 4.22 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Plastik PET 10 cm	1	0.67
	2	1
	3	1.50
	4	2
	5	2



**Gambar 4.18 Grafik *Head Loss* Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$**

Hasil pengukuran *head loss* pada tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *head loss* pada media plastik ketebalan 10 cm rendah. *Head loss* pada media ini antara 0,67 mm hingga 2 mm dengan *head loss* terendah pada jam ke-1 pengoperasian sebesar 0,67 mm dan *head loss* tertinggi pada jam ke-5 pengoperasian yaitu 2 mm. Apabila dibandingkan dengan media plastik ketebalan 6 cm, *head loss* pada media plastik ketebalan 10 cm sedikit lebih besar pada pengoperasian setiap jamnya.

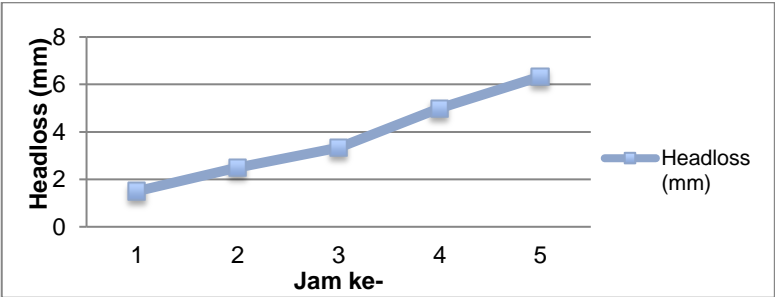
Menurut Duran-Ros *et al.* pada tahun 2009, semakin tinggi media filter yang dipakai maka penyisihan kekeruhan akan semakin baik namun *head loss* yang dihasilkan akan semakin besar. Semakin tinggi media filter juga dapat menyebabkan semakin besarnya *head loss* yang dihasilkan dan semakin cepat clogging yang terjadi sehingga media filter harus di *backwash* agar hasil outlet tetap mencapai target (Pamularsih dkk, 2013).

#### 4.4.3 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Variasi kedua untuk jenis media *pre-filter* yang digunakan adalah media fabrikasi. Data hasil pengukuran *head loss* rata-rata setiap jam untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.23 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.19.

**Tabel 4.23 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Head loss (mm)
Fabrikasi 6 cm	1	1.5
	2	2.5
	3	3.33
	4	5
	5	6.33



**Gambar 4.19 Grafik *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

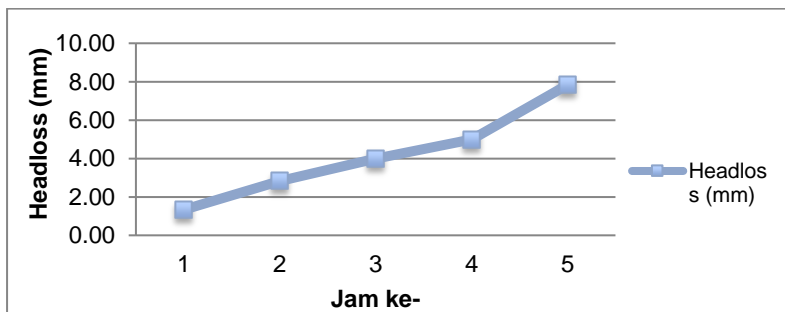
Berdasarkan data pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *head loss* pada media fabrikasi ketebalan 6 cm. antara 1,5 mm hingga 6,33 mm. *Head loss* terendah terjadi pada jam ke-1 pengoperasian unit *pre-filter* yaitu 1,5 mm dan *head loss* terbesar terjadi pada jam ke-5 pengoperasian yaitu sebesar 6,33 mm.

#### 4.4.4 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Pengukuran *head loss* pada variasi media fabrikasi ini sama seperti variasi lainnya yaitu dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian. Data hasil pengukuran *head loss* rata-rata setiap jam untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media fabrikasi ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.24 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.20.

**Tabel 4.24 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Head loss (mm)
Fabrikasi 10 cm	1	1.33
	2	2.83
	3	4.00
	4	5.00
	5	7.83



**Gambar 4.20 Grafik *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Berdasarkan data pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *head loss* pada media fabrikasi ketebalan 10 cm antara 1,33 mm hingga 7,83 mm dengan *head loss* terendah pada jam ke-1 pengoperasian yaitu sebesar 1,33 mm dan *head loss* tertinggi pada jam ke-5 pengoperasian yaitu sebesar 7,83 mm.

Apabila dibandingkan dengan media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran yang sama, nilai *headloss* pada media fabrikasi ketebalan 10 cm ini lebih besar daripada ketebalan 6 cm. Hal ini sesuai dengan pendapat Pamularsih dkk pada tahun 2013 yaitu semakin tinggi media filter dapat menyebabkan semakin besarnya *head loss* yang dihasilkan.

#### 4.4.5 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

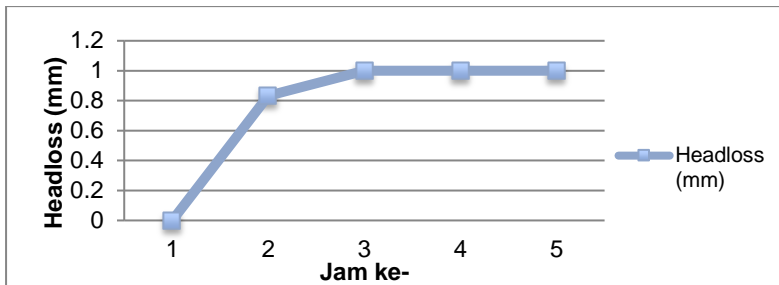
Pengukuran *head loss* pada variasi media plastik PET ketebalan 6 cm dan kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian hal ini dilakukan bersamaan saat pengambilan sampel outlet. Data yang didapatkan dari hasil pengukuran *head loss* selama pengoperasian adalah sebanyak 30 data yang dapat dilihat secara lengkap pada Lampiran D.

Hasil pengukuran tersebut kemudian dirata-rata untuk mendapatkan nilai *head loss* rata-rata setiap jam selama pengoperasian. Hasil pengukuran *head loss* rata-rata setiap jam untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media plastik PET ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.25 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.21.

**Tabel 4.25 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Plastik PET 6 cm	1	0
	2	0.83
	3	1.00
	4	1
	5	1





**Gambar 4.21 Grafik Head Loss Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

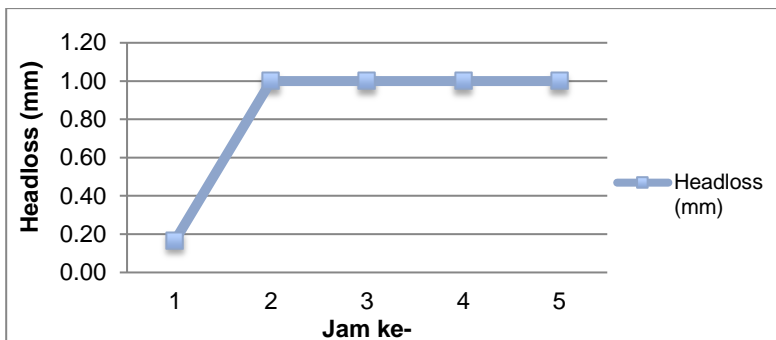
Berdasarkan data pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *head loss* pada media plastik ketebalan 6 cm 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam sangat kecil. *Head loss* terendah terdapat pada jam ke-1 pengoperasian dan *head loss* tertinggi pada jam ke-5 pengoperasian. Selama satu jam pertama pengoperasian nilai *head loss* konstan yaitu 0 mm atau belum terlihat adanya kenaikan nilai *head loss*.

#### 4.4.6 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Data hasil pengukuran *head loss* rata-rata setiap jam untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media plastik PET ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.26 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.22. Pengukuran *head loss* dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian dan data pengukuran secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran D.

**Tabel 4.26 Hasil Pengukuran Head Loss Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Plastik PET 10 cm	1	0.17
	2	1
	3	1.0
	4	1
	5	1



**Gambar 4.22 Grafik Head Loss Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

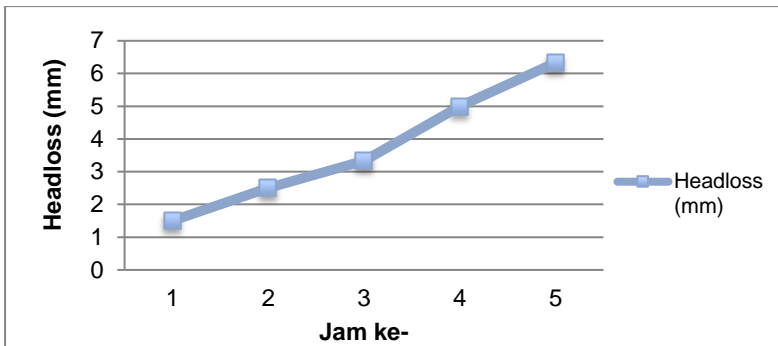
Hasil pengukuran *head loss* pada tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *head loss* pada media plastik ketebalan 10 cm rendah. *Head loss* pada media ini antara 0,17 mm hingga 1 mm dengan *head loss* terendah pada jam ke-1 pengoperasian sebesar 0,17 mm dan *head loss* tertinggi pada jam ke-5 pengoperasian yaitu 1 mm.

#### 4.4.7 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Variasi kedua untuk jenis media *pre-filter* yang digunakan adalah media fabrikasi. Data hasil pengukuran *head loss* rata-rata setiap jam untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.27 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.23.

**Tabel 4.27 Hasil Pengukuran Head Loss Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Fabrikasi 6 cm	1	0.5
	2	1.17
	3	2.00
	4	3.00
	5	3.33



**Gambar 4.23 Grafik *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

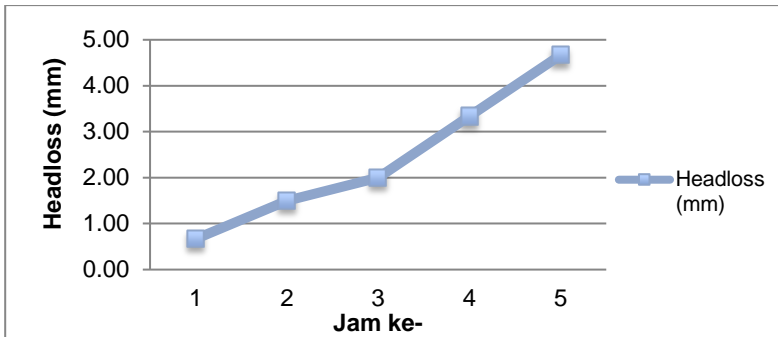
Berdasarkan data pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *head loss* pada media fabrikasi ketebalan 6 cm. antara 0,5 mm hingga 3,33 mm. *Head loss* terendah terjadi pada jam ke-1 pengoperasian unit *pre-filter* dan *head loss* terbesar terjadi pada jam ke-5 pengoperasian yaitu sebesar 3,33 mm.

#### **4.4.8 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Pengukuran *head loss* pada variasi media fabrikasi ini sama seperti variasi lainnya yaitu dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian. Data hasil pengukuran *head loss* rata-rata untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media fabrikasi ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.28 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.24.

**Tabel 4.28 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Fabrikasi 10 cm	1	0.67
	2	1.50
	3	2.00
	4	3.33
	5	4.67



**Gambar 4.24 Grafik *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Berdasarkan data pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *head loss* pada media fabrikasi ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam berkisar antara 0,67 mm hingga 4,67 mm dengan *head loss* terendah pada jam ke-1 pengoperasian yaitu sebesar 0,67 mm dan *head loss* tertinggi pada jam ke-5 pengoperasian yaitu sebesar 4,67 mm.

Apabila dibandingkan dengan media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran yang sama, nilai *headloss* pada media fabrikasi ketebalan 10 cm ini lebih besar daripada ketebalan 6 cm. Hal ini sesuai dengan pendapat Pamularsih dkk pada tahun 2013 yaitu semakin tinggi media filter dapat menyebabkan semakin besarnya *head loss* yang dihasilkan.

#### **4.4.9 Variasi Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

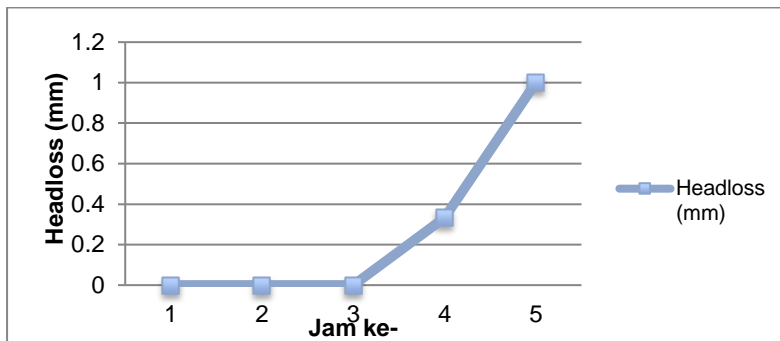
Pengukuran *head loss* pada variasi media plastik PET ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian hal ini dilakukan bersamaan saat pengambilan sampel outlet. Data hasil pengukuran secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran D.

Pada pembahasan ini data yang digunakan merupakan data hasil pengukuran *head loss* rata-rata setiap jam. Data nilai *head loss* rata-rata setiap jam untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media plastik PET ketebalan 6 cm dan kecepatan

aliran  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  dapat dilihat pada Tabel 4.29 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.25.

**Tabel 4.29 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Plastik PET 6 cm	1	0
	2	0
	3	0.00
	4	0.33
	5	1



**Gambar 4.25 Grafik *Head Loss* Media Plastik Ketebalan 6 cm dan Kecepatan  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$**

Berdasarkan data pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *head loss* pada media plastik ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  sangat kecil. *Head loss* pada media ini antara 0 mm hingga 1 mm dengan *head loss* terendah pada jam ke-1 pengoperasian dan *head loss* tertinggi pada jam ke-5 pengoperasian.

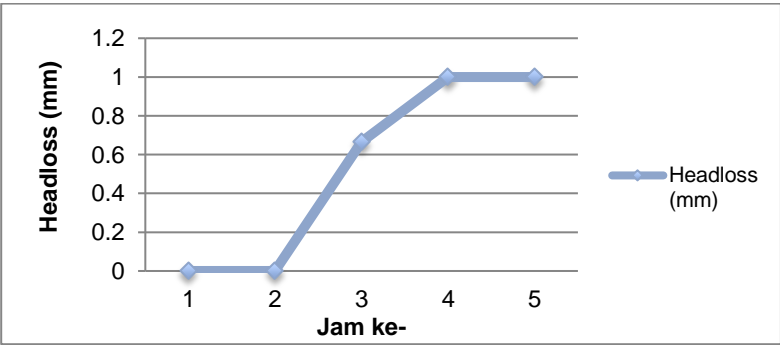
Pada jam pertama hingga jam ke-3 pengoperasian perubahan nilai *head loss* belum terlihat dan tetap dinilai 0 mm. Perubahan nilai *head loss* baru terlihat pada jam ke-4 pengoperasian hingga jam ke-5 pengoperasian.

**4.4.10 Variasi Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Data hasil pengukuran *head loss* rata-rata setiap jam untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media plastik PET ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.30 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.26. Pengukuran *head loss* pada variasi media plastik PET ketebalan 10 cm dan kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian. Data lengkap hasil pengukuran *head loss* ini dapat dilihat pada Lampiran D.

**Tabel 4.30 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Plastik PET 10 cm	1	0
	2	0.00
	3	0.67
	4	1
	5	1



**Gambar 4.26 Grafik *Head Loss* Media Plastik Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Hasil pengukuran *head loss* pada tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *head loss* pada media plastik ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam rendah. *Head loss* pada media ini antara 0 mm hingga 1 mm dengan *head loss* terendah

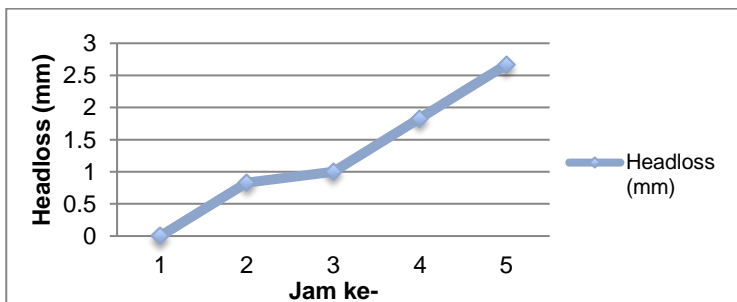
pada jam ke-1 dan jam ke-2 pengoperasian sebesar 0 mm dan *head loss* tertinggi pada jam ke-5 pengoperasian yaitu 1 mm. Apabila dibandingkan dengan media plastik ketebalan 6 cm dan kecepatan yang sama, *head loss* pada media plastik ketebalan 10 cm sedikit lebih besar pada pengoperasian setiap jamnya.

#### 4.4.11 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Variasi kedua untuk jenis media *pre-filter* yang digunakan adalah media fabrikasi. Data hasil pengukuran *head loss* rata-rata setiap jam untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.31 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.27. Untuk data lengkap hasil pengukuran setiap 10 menit selama 5 jam pengoperasian dapat dilihat pada Lampiran D.

**Tabel 4.31 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Fabrikasi 6 cm	1	0
	2	0.83
	3	1.00
	4	1.83
	5	2.67



**Gambar 4.27 Grafik *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

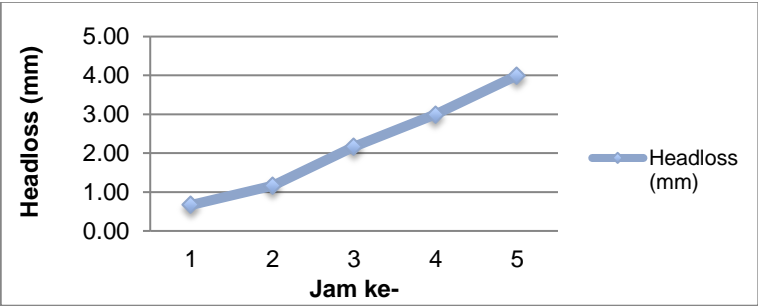
Berdasarkan data pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *head loss* pada media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam berkisar antara 0 mm hingga 2,67 mm. *Head loss* terendah terjadi pada jam ke-1 pengoperasian unit *pre-filter* dan *head loss* terbesar terjadi pada jam ke-5 pengoperasian yaitu sebesar 2,67 mm.

#### 4.4.12 Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam

Pengukuran *head loss* pada variasi media fabrikasi ini sama seperti variasi lainnya yaitu dilakukan setiap 10 menit sekali dalam 5 jam pengoperasian. Data hasil pengukuran *head loss* rata-rata setiap jam untuk pengoperasian *pre-filter* dengan variasi media fabrikasi ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dapat dilihat pada Tabel 4.32 dan grafik dari data tersebut terdapat pada Gambar 4.28.

**Tabel 4.32 Hasil Pengukuran *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Headloss (mm)
Fabrikasi 10 cm	1	0.67
	2	1.17
	3	2.17
	4	3.00
	5	4.00



**Gambar 4.28 Grafik *Head Loss* Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**



Berdasarkan data pada tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *head loss* pada media fabrikasi ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam berkisar antara 0,67 mm hingga 4,00 mm dengan *head loss* terendah pada jam ke-1 pengoperasian yaitu sebesar 0,67 mm dan *head loss* tertinggi pada jam ke-5 pengoperasian yaitu sebesar 4,00 mm. Apabila dibandingkan dengan media fabrikasi ketebalan 6 cm dan kecepatan aliran yang sama, nilai *headloss* pada media fabrikasi ketebalan 10 cm ini lebih besar daripada ketebalan 6 cm.

## 4.5 Perbandingan Media Plastik PET dan Media Fabrikasi

### 4.5.1 Perbandingan Berdasarkan Hasil Pengukuran

Setelah dilakukan analisis masing-masing variasi pada dua jenis media yaitu media plastik PET dan media fabrikasi terhadap parameter yang diuji, dilakukan analisis kembali untuk membandingkan antara kedua media ini. Hasil perbandingan ini nantinya akan didapatkan media yang paling baik untuk digunakan sebagai media pada unit *pre-filter* dan melihat kemungkinan potensi media plastik PET dapat dijual dipasaran seperti media fabrikasi. Analisis dilakukan dengan membandingkan beberapa parameter dan sifat fisik dari media yang telah diukur yaitu mulai dari ketebalan media, kecepatan aliran, porositas, massa jenis, efisiensi removal kekeruhan, dan nilai *head loss*. Data perbandingan kedua media ini dapat dilihat pada Tabel 4.33.

**Tabel 4.33 Perbandingan Media Plastik PET dan Media Fabrikasi**

Jenis media	Ketebalan (cm)	Kecepatan (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> jam)	Porositas (%)	Massa jenis (gram/cm <sup>3</sup> )	Efisiensi removal (%)	Headloss (mm)
Media Plastik PET	6	10	44.34	0.55	7.77	1.33
		8	44.34	0.55	10.94	0.77
		6	44.34	0.55	21.00	0.27
		10	44.45	0.55	9.35	1.43
	10	8	44.45	0.55	11.70	0.83
		6	44.45	0.55	23.63	0.53

(Tabel bersambung ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 4.33)

Jenis media	Ketebalan (cm)	Kecepatan ( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ )	Porositas (%)	Massa jenis ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )	Efisiensi removal (%)	Headloss (mm)
Media Fabrikasi	6	10	47.83	0.24	18.25	3.73
		8	47.83	0.24	23.23	2.00
	10	6	47.83	0.24	31.87	1.27
		10	47.83	0.24	30.33	4.20
	10	8	47.83	0.24	38.50	2.43
		6	47.83	0.24	44.31	2.20

Berdasarkan data pada tabel di atas apabila dilihat dari sisi efisiensi removal kekeruhan, media fabrikasi dengan ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 6  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  memiliki prosentase penyisihan terbesar yaitu sebesar 44,31%. Selain itu media plastik PET dengan ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 6  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  juga memiliki efisiensi removal yang juga cukup tinggi yaitu 23,63%.

Apabila dilihat dari parameter *head loss*, media fabrikasi memiliki nilai *head loss* yang tinggi dibandingkan media plastik PET. *Head loss* tertinggi terdapat pada media plastik ketebalan 10 cm dan kecepatan aliran 10  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  yaitu sebesar 4,2 mm. Pada media plastik PET dengan ketebalan dan kecepatan aliran yang sama, *head loss* yang dihasilkan hanya sebesar 1,43 mm.

Jika ditelaah lebih jauh, nilai porositas media fabrikasi lebih besar daripada porositas media plastik. Menurut Pamularsih dkk pada tahun 2013, semakin besar porositas artinya media tersebut memiliki rongga yang lebih besar sehingga penyisihan kekeruhannya seharusnya lebih kecil dan *head loss* yang dihasilkan juga rendah. Fakta yang terjadi berdasarkan data di atas adalah porositas media fabrikasi lebih besar dari pada namun penyisihan kekeruhan dan *head loss* nya juga tinggi.

Hal ini diduga karena pengaruh dari jenis media fabrikasi atau struktur bahan media fabrikasi ini sehingga menyebabkan gesekan antar media dan fluida lebih besar dan menyebabkan *head loss* lebih tinggi. Media fabrikasi yang digunakan dikenal di pasaran dengan istilah kapas *dacron*. *Dacron* adalah serat yang terdiri dari *polyester* fiber sintesis. Bahan serat ini juga banyak

digunakan sebagai media filter. Bahan ini dapat berperan baik sebagai filter fisik maupun sebagai filter biologis. Beratnya cukup ringan dan mempunyai luas permukaan per unit volume lebih besar dibanding jenis media yang lain (Said, 2005).

#### 4.5.2 Perbandingan Berdasarkan Persamaan Rose

Kemudian dilakukan pembahasan berdasarkan persamaan yang digunakan untuk menghitung kehilangan tekanan (*head loss*) pada media saat filter dalam keadaan bersih. Persamaan yang digunakan adalah persamaan Rose. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

$$H_L = 1,067 \frac{C_d.L.Va^2}{\psi.d.\epsilon^4 g}$$

Berdasarkan persamaan Rose di atas, untuk media plastik PET hasil yang didapatkan telah sesuai dengan persamaan. Dapat dilihat bahwa nilai *head loss* dan porositas berbanding terbalik sehingga semakin besar porositas maka *head loss* yang dihasilkan akan semakin kecil. Selanjutnya dilakukan perhitungan matematis dengan menggunakan persamaan Rose dan dibandingkan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran pada percobaan. Perhitungan *head loss* pada media plastik PET ketebalan 10 cm dan kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam adalah sebagai berikut.

Diketahui dari percobaan:

- Diameter cacahan (d) = 4,75 mm = 0,475 cm
- Porositas media ( $\epsilon$ ) = 0,44
- Rate filtrasi (Va) = 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam = 0,278 cm/det
- Tebal media (L) = 10 cm

Diasumsikan:

- Faktor bentuk ( $\psi$ ) = 0,85
- Suhu air = 28° C
  - Berat jenis ( $\rho$ ) = 0,9963 gram/cm<sup>3</sup>
  - Viskositas kinematis ( $\mu$ ) = 0,008363 gram/cm-detik

Perhitungan:

- a. Bilangan Reynolds

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{\psi \cdot d \cdot Va}{v} = \frac{\psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,9963 \times 0,475 \times 0,278}{0,008363} \\
 &= 13,36
 \end{aligned}$$

b. Koefisien Drag

$$\begin{aligned}
 C_d &= \frac{24}{N_{re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{re}}} + 0,34 \\
 &= \frac{24}{13,36} + \frac{3}{\sqrt{13,36}} + 0,34 \\
 &= 2,957
 \end{aligned}$$

c. *Head Loss*

$$\begin{aligned}
 H_L &= 1,067 \frac{C_d \cdot L \cdot Va^2}{\psi \cdot d \cdot \varepsilon^4 g} \\
 &= 1,067 \frac{2,957 \times 10 \times 0,278^2}{0,85 \times 0,475 \times 0,44^4 \times 981}
 \end{aligned}$$

$$= 0,164 \text{ cm} = 1,64 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan bahwa *head loss* untuk media plastik PET dengan ketebalan 10 cm dan kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam adalah 1,64 mm sedangkan *head loss* rata-rata hasil pengukuran pada percobaan diketahui 1,43 mm. Terdapat perbedaan antara *head loss* hasil perhitungan dan hasil pengukuran hal ini dikarenakan pada perhitungan terdapat beberapa unsur yang diasumsikan salah satunya adalah faktor bentuk.

Pada media fabrikasi ditemukan keadaan yang berbeda dengan media plastik PET. Nilai porositas media fabrikasi lebih besar namun *head loss* yang dihasilkan juga lebih besar. Hal ini tidak sesuai dengan persamaan Rose. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa media fabrikasi ini merupakan serat dan bukan berbentuk butiran, maka dari itu untuk media fabrikasi ini tidak dapat dibandingkan dengan media plastik PET menggunakan persamaan Rose karena persamaan Rose merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung kehilangan tekanan pada media berbutir.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ukuran, porositas, dan massa jenis adalah sifat fisik yang mempengaruhi kinerja media *pre-filter*. Ukuran cacahan plastik PET yang digunakan pada penelitian ini memiliki diameter 4,75 mm. Porositas plastik PET hasil pengukuran berkisar antara 36,7% - 44,98% sedangkan massa jenisnya antara 0,48 – 0,63 gram/cm<sup>3</sup>.
2. Ketebalan media dan kecepatan filtrasi yang optimum untuk menurunkan kekeruhan dan nilai *head loss* adalah:
  - a. Ketebalan media dan kecepatan filtrasi yang optimum untuk menurunkan kekeruhan adalah 10 cm dan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dengan prosentase removal tertinggi 23,63% untuk media plastik PET dan 44,31% untuk media fabrikasi.
  - b. Ketebalan media dan kecepatan filtrasi yang optimum untuk menurunkan nilai *head loss* adalah 6 cm dan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dengan *head loss* 0,27 mm untuk media plastik PET dan 1,27 mm untuk media fabrikasi.

Berdasarkan hasil penyisihan kekeruhan dan nilai *head loss* yang didapatkan media plastik PET dapat dimanfaatkan sebagai media pada unit *pre-filter*.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan dalam penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian berikutnya, antara lain:

1. Memvariasikan ketebalan media plastik PET lebih tinggi untuk mendapatkan efisiensi removal yang lebih baik.
2. Memvariasikan media plastik PET dengan media lain misalnya mengkombinasikan dengan media fabrikasi atau kerikil.
3. Mencoba mengoperasikan reaktor *pre-filter* dengan waktu yang lebih lama sehingga dapat diketahui waktu

cloggingnya dan dapat diketahui waktu yang tepat untuk dilakukan *backwash*.

4. Jika memungkinkan dapat disambungkan dengan instalasi pengolahan di lapangan agar dapat dibuktikan kualitas akhir pengolahan sudah sesuai atau belum.

## DAFTAR PUSTAKA

Ahsan, T dan Alaert, G.J. (1991). *Modelling Separation of Flocculent Particle in a Horizonral and Flow Gravel Bed*. Environmental Engineering div, ASCE

Al-Bayati, S.A dan Habeeb, Z.S. (2009). *Evaluation of Horizontal Flow Roughing Filtration Performance*. Eng and Tech Journal, 27 (15).

Arumsari, N.(2008). *Uji Penurunan Kekeruhan Air PDAM Menggunakan Media Plastik tanpa Penambahan Bahan Kimia*. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS

Ayuningtyas, A., Fitriani, N., Hadi, Wahyono.(2014). *Pengaruh Ketebalan Media Geotextile dan Arah Aliran Slow Sand Filter Rangkaian Seri untuk Menyisihkan P Total dan N Total*. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS

Bajus, M. dan Hájeková, E. (2010). *Thermal Cracking of The Model Seven Components Mixed Plastics into Oils/Waxes, Petroleum & Coal*. Slovak University of Technology, Bratislava, Slovakia, 52 (3), hal. 164-172

Bartak, R., Grischek, T., Ghodeif, K., Ray, C. (2012). *Beach Sand Filtration as Pre-Treatment for RO Desalination*. International Journal of Water Sciences, 1 (2)

Berli, A.U., Darvina, Y., Yulkifli. (2013). *Pengaruh Pengukuran Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Papan Partikel Sampah Daun Kering Berdasarkan Ukuran Butir*. Pillar of Physics, 1, hal 85-91

Cruch, A., Harahap, Z. (1993). *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Jakarta: Erlangga

Darsono. (2012). *Perencanaan Pompa Submersible yang Mempunyai Kapasitas 30 Liter per Detik, Head 48 m dan Putaran 2900 rpm, Penggerak Motor Listrik*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Departemen Kesehatan RI. (2010). *Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.

Duran-Ros, M., uig-Bargués, J., Arbat, G., Barragán, J., Ramírez de Cartagena, F. (2009). *Effect of Filter, Emitter, and Location on Clogging when Using Effluents*. Agricultural Water Management, 96 (1), hal 67-69

Droste, R.L. (1997). *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. New York: John Wiley & Sons.

Elbana, M., Ramírez, F. de Cartagena, Puig-Bargués, J. (2012). *Effectiveness of Sand Media Filters for Removing Turbidity and Recovering Dissolved Oxygen from a Reclaimed Effluent Used for Micro-irrigation*. Agricultutal Water Management, 111, hal. 27-33

Fernlund, J.M.R. (1997). *The Effect of Particle Form on Sieve Analysis: A Test by Image Analysis*. Engineering Geology, 50, hal 111-124

Gueguen, Y. dan Palciauskaus. (1994). *Introduction to the Physics of Rocks*. Pricenton New York: Pricenton University Press.

Grady, C.P.L dan Lim, H.C. (1980). *Biological Wastewater Treatment*. New York, USA: Marcel Dekker Inc

Graham, N Ed. (1988). *Slow Sand Filtration, Recent Developments in Water Treatment Technology*. Elis Horwood limited/ Wiley and sons Chichester England.

Hadi, W. (2012). *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Surabaya: ITS Press

Haygreen, J.G., Bowyer, J.L. (1989). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press



Huisman, L. (1994). *Rapid Sand Filtration*. Lecture Notes, IHE Delft Netherlands

Hutama, Dito Widha dan Karnaningroem, Nieke. (2013). *Peningkatan Kualitas Air Baku PDAM Sidoarjo Menggunakan Roughing Filter Upflow dengan Media Pecahan Genteng Beton*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVII, Surabaya 2 Februari 2013

Kimwaga, R.J., Mashuari, D.A., Mbvette, T.S.A., Katiama, J.H.Y., Jorgenson, S.E. (2004). *Use of Coupled Dynamic Roughing Filters and Subsurface Horizontal Flow Constructed Wetland System as Appropriate Technology for Upgrading Waste Stabilisation Ponds Effluents in Tanzania*. Physics and Chemistry of the Earth, 29, hal 1243-1251

Khumyahd, L. (1991). *Iron and Manganese Removal in Water Supplies*. Report, University of Wisconsin-Madison, Wisconsin

Krisnan, R dan Ginting, S.P. (2009). *Penggunaan Solid Ex-Decanter sebagai Perekat Pembuatan Pakan Komplek Berbentuk Pelet: Evaluasi Fisik Pakan Komplek Berbentuk Pelet*. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2009

Mujiarto, I. (2005). *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Traksi Vol.3 No.2 Desember 2005

Nkwonta, O dan Ochieng, G. (2009). *Roughing Filter for Water Pre-treatment Technology in Developing Countries: A Review*. International Journal of Physical Science, 4 (9), hal. 455-483.

Nurminah, M.(2002). *Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas serta Pengaruhnya terhadap Bahan yang Dikemas*. Fakultas Pertanian, Jurusan teknologi Pangan, Universitas Sumatera Utara

Osueke dan Ofundu. (2011). *Conversion of Waste Plastics (Polyethylene) to Fuel by Means of Pyrolysis*. (IJAEST) International Journal of Advanced Engineering Sciences and

Technologies, 4 (1), hal. 021-024

Pamularsih, C., Choanji, D., Widiasta I.N. (2013). *Penyisihan Kekeruhan pada Sistem Pengolahan Air Sungai Tembalang dengan Teknologi Rapid Sand Filter*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, 2 (4), hal 48-54

Pinandari, A.W., Fitriana, D.N., Nugraha, A., dan Suhartono, E. (2011). *Uji Efektifitas dan Efisiensi Filter Biomassa Menggunakan Sabut Kelapa (Cocos nucifera) sebagai Bioremoval untuk Menurunkan Kadar Logam (Cd, Fe, Cu), Total Padatan Tersuspensi (TSS) dan Meningkatkan pH pada Limbah Air Asam Tambang Batubara*. Jurnal Prestasi, 1 (1)

Purnamasari, P Eliza dan Suryaman, Fransiskus. (2010). *Pengaruh Penggunaan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah terhadap Karakteristik Lapis Aspal Beton (Laston)*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4) Sanur-Bali, 2-3 Juni 2010

Reynolds T.D dan P.A. Richards. (1996). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Park Plaza, MA: PWS Publishing Company

Rodiansono. (2005). *Aktivitas Katalis NiMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> untuk Reaksi Hidrorengkah Sampah Plastik Polipropilena Menjadi Fraksi Bensin*. Thesis Ilmu Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Said, N.I., Ruliasih. (2005). *Tinjauan Aspek Teknik Pemilihan Media Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah*. Jurnal Air Indonesia, 1 (3)

Sari, A.Y., Sebayang, P dan Muljadi. (2012). *Pembuatan dan Karakterisasi Magnet Bonded BaO.6 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan Variasi Ukuran Partikel*. Jurnal Sains Materi Indonesia, 13 (3), hal 168-172

SNI 03-1968-1990. *Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Haus dan Kasar*

SNI 6774-2008. *Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*

Suaidi, Adi. (2009). *Efisiensi Kinerja Rapid Sand Filter Menurunkan Kandungan Deterjen dengan Menggunakan Media Kulit Udang sebagai Media Filter*. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS

Sularso, Tahara H. (2000). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramitha

Surdia, T dan Saito, S. (2005). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita Jakarta

Sofiana, Yunida. (2010). *Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Alternatif Bahan Pelapis (Upsholstery) pada Produk Interior*. INASEA, 11 (2), hal. 96-102

Thompson, R.C., Swan, S.H., Moore, C.J., dan vom Saal, F. (2009). *Our Plastic Age*. Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences, 364, hal 1973-1976

Utama, P., Suhendar, D., Romalia, L.H. (2013). *Penggunaan berbagai Macam Media Tumbuh dalam Pembuatan Bibit Induk Jamur Tiram Putih*. Jurnal Agroekoteknologi, 5 (1), hal. 45-53

Vlack, Lawrence dan H, Van. (1995). *Ilmu dan Teknologi Bahan Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga

Wegelin. (1996). *Surface Water Treatment by Roughing Filter*. St. Gallen, Switzerland: Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Managemen (SKAT), CH-9000

Wimalawansa, Sunil J. (2013). *Purification of Contaminated Water with Reverse Osmosis: Effective Solution of Providing Clean Water for Human Needs in Developing Countries*.

International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 3 (12), hal 75-89

Yung, K. (2003). *Biosand Filtration: Application in the Developing World*. Civil Engineering.

**LAMPIRAN A**  
**METODE PENGUJIAN TENTANG ANALISIS SARINGAN**  
**AGREGAT HALUS DAN KASAR BERDASARKAN SNI**  
**03-1968-1990**

**1. Peralatan**

Peralatan yang dipergunakan adalah;

- 1) Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji;
- 2) Satu set saringan; 37,5 mm (3"); 63,5 mm (2½"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm (¾"); 12,5 mm (½"); 9,5 mm (⅜"); No.4 (4,75 mm); No.8 (2,36 mm); No.16 (1,18 mm); No.30 (0,600 mm); No.50 (0,300 mm); No.100 (0,150 mm); No.200 (0,075 mm);
- 3) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 + 5)^{\circ}\text{C}$ ;
- 4) Alat pemisah contoh;
- 5) Mesin pengguncang saringan;
- 6) Talam-talam;
- 7) Kuas, sikat kuning, sendok, dan alat-alat lainnya.

**2. Benda Uji**

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat banyak: benda uji disiapkan berdasarkan standar yang berlaku dan terkait kecuali apabila butiran yang melalui saringan No. 200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan bila syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

- 1) Agregat halus terdiri dari:
  - a. Ukuran maksimum 4,76 mm; berat minimum 500 gram;
  - b. Ukuran maksimum 2,38 mm; berat minimum 100 gram.
- 2) Agregat kasar terdiri dari:
  - a. Ukuran maksimal 3,5"; berat minimum 35,0 kg
  - b. Ukuran maksimal 3"; berat minimum 30,0 kg
  - c. Ukuran maksimal 2,5"; berat minimum 25,0 kg
  - d. Ukuran maksimal 2"; berat minimum 20,0 kg
  - e. Ukuran maksimal 1,5"; berat minimum 15,0 kg
  - f. Ukuran maksimal 1"; berat minimum 10,0 kg

- g. Ukuran maksimal  $\frac{3}{4}$ "; berat minimum 5,0 kg
  - h. Ukuran maksimal  $\frac{1}{2}$ "; berat minimum 2,5 kg
  - i. Ukuran maksimal  $\frac{3}{8}$ "; berat minimum 1,0 kg
- 3) Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan No. 4.; Selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah seperti tercantum diatas.

### 3. Cara Pengujian

Urutan proses dalam pengujian ini adalah:

- 1) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu ( $100 \pm 5$ )°C, sampai berat tetap;
- 2) Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

### 4. Perhitungan

Menghitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.

### 5. Laporan-laporan meliputi:

- 1) Jumlah persentase melalui masing-masing saringan, atau jumlah persentase di atas masing-masing saringan dalam bilangan bulat;
- 2) Grafik kumulatif;
- 3) Modulus kehalusan (*fineness modulus*).

## LAMPIRAN B

### HASIL ANALISA POROSITAS DAN MASSA JENIS

**Tabel 1. Pengukuran Porositas Cacahan Plastik PET**

Ukuran	No. Percobaan	Volume total (ml)	Volume air awal (ml)	Volume air sisa (ml)	Volume rongga (ml)	Porositas (%)	Rata-rata
Lolos 1/2" (12.5 mm)	1	400	500	180	320	44.44	44.98
	2	400	500	170	330	45.21	
	3	400	500	169	331	45.28	
Lolos 3/8" (9.5 mm)	1	400	500	217	283	41.43	42.13
	2	400	500	209	291	42.11	
	3	400	500	200	300	42.86	
Lolos No. 4 (4.75 mm)	1	200	500	360	140	41.18	39.20
	2	200	500	386	114	36.31	
	3	200	500	366	134	40.12	
Lolos No. 8 (2.36 mm)	1	60	100	67	33	35.48	36.70
	2	60	100	62	38	38.78	
	3	60	100	66.5	33.5	35.83	

**Tabel 2. Pengukuran Porositas Media Plastik PET setelah Dibentuk**

Ketebalan (cm)	No. Percobaan	Volume total (ml)	Volume air awal (ml)	Volume air sisa (ml)	Volume rongga (ml)	Porositas (%)	Rata-rata
6	1	1005	1000	193	807	44.54	44.34
	2	1005	1000	204	796	44.20	
	3	1005	1000	201	799	44.29	
10	1	1220	1000	22	978	44.49	44.45
	2	1220	1000	28	972	44.34	
	3	1220	1000	21	979	44.52	

**Tabel 3. Pengukuran Porositas Media Fabrikasi**

No. Percobaan	Volume total (ml)	Volume air awal (ml)	Volume air sisa (ml)	Volume rongga (ml)	Porositas (%)	Rata-rata
1	60	100	50	50	45.45	47.83
2	60	100	39.5	60.5	50.21	
3	60	100	45	55	47.83	

**Tabel 4. Pengukuran Massa Jenis Cacahan Plastik PET**

No. Percobaan	Massa (gram)	Volume total (ml)	Volume air awal (ml)	Volume air sisa (ml)	Volume rongga (ml)	Volume media (ml)	Massa Jenis (gram/ml)	Rata-rata
1	1	60	100	47	53	7	0.14	0.24
2	1	60	100	43	57	3	0.33	
3	1	60	100	44	56	4	0.25	



**Tabel 5. Pengukuran Massa Jenis Cacahan Plastik PET**

Ukuran	No. Percobaan	Massa (gram)	Volume total (ml)	Volume air awal (ml)	Volume air sisa (ml)	Volume rongga (ml)	Volume media (ml)	Massa Jenis (gram/ml)	Rata-rata
Lolos 1/2" (12.5 mm)	1	16	200	500	330	170	30	0.53	0.48
	2	17	200	500	338	162	38	0.45	
	3	17	200	500	337	163	37	0.46	
Lolos 3/8" (9.5 mm)	1	34	200	500	357	132	68	0.50	0.51
	2	34	200	500	361	139	61	0.56	
	3	35	200	500	373	127	73	0.48	
Lolos No. 4 (4.75 mm)	1	11	40	100	79	21	19	0.58	0.58
	2	11	40	100	79	21	19	0.58	
	3	12	40	100	81	19	21	0.57	
Lolos No. 8 (2.36 mm)	1	19	40	100	90	10	30	0.63	0.63
	2	19	40	100	90	10	30	0.63	
	3	19	40	100	90	10	30	0.63	
Rata-rata									0.55

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## LAMPIRAN C

### HASIL ANALISA KEKEKERUHAN

**Tabel 1. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Plastik PET Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Plastik PET 6 cm	1	10	96.9	97.15	93	89.15	4.02	8.19
		20	99		89.4		9.70	
		30	99.1		89.8		9.38	
		40	99.1		86.2		13.02	
		50	94.8		89.9		5.17	
		60	94		86.6		7.87	
	2	10	94	99.63	87.7	90.25	6.70	9.31
		20	94.8		91.5		3.48	
		30	102		90.5		11.27	
		40	102		91		10.78	
		50	102		90.2		11.57	
		60	103		90.6		12.04	
	3	10	98.3	96.07	90.6	89.22	7.83	7.12
		20	97.3		89.8		7.71	
		30	96.5		88		8.81	
		40	95.8		90.4		5.64	
		50	93.7		88.4		5.66	

*(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)*

(Lanjutan Tabel 1)

Media	Jame ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		60	94.8		88.1		7.07	
	4	10	94.5	93.67	87.9	87.62	6.98	6.45
		20	92.8		86.6		6.68	
		30	94.9		87.8		7.48	
		40	93.6		89.3		4.59	
		50	94.3		87.7		7.00	
		60	91.9		86.4		5.98	
	5	10	92.7	93.08	86.4	85.78	6.80	7.80
		20	91.1		86.6		4.94	
		30	93		84.5		9.14	
		40	90.6		85.5		5.63	
		50	96.3		85.4		11.32	
		60	94.8		86.3		8.97	

**Tabel 2. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Plastik PET Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Plastik PET	1	10	92.4	90.38	90.9	82.85	1.62	8.37
10 cm		20	90		83.6		7.11	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 2)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		30	91.1		81.8		10.21	
		40	90		81.4		9.56	
		50	88.9		79.9		10.12	
		60	89.9		79.5		11.57	
	2	10	87.3	87.37	82.1	79.48	5.96	9.00
		20	86.2		79.9		7.31	
		30	87.1		79.7		8.50	
		40	89.4		78		12.75	
		50	86.4		78.9		8.68	
		60	87.8		78.3		10.82	
	3	10	91.3	90.43	79.2	80.60	13.25	10.87
		20	90.8		82.8		8.81	
		30	89.8		80.8		10.02	
		40	90.1		79.8		11.43	
		50	91.4		80.6		11.82	
		60	89.2		80.4		9.87	
	4	10	89.4	87.82	81.3	80.67	9.06	8.12
		20	86.6		82		5.31	
		30	88.3		78.9		10.65	
		40	88.2		80.8		8.39	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 2)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		50	86.4		81.6		5.56	
		60	88		79.4		9.77	
	5	10	88.9	87.87	78.1	78.73	12.15	10.39
		20	87.6		77		12.10	
		30	87.8		79.6		9.34	
		40	87.6		79.1		9.70	
		50	87.6		79.3		9.47	
		60	87.7		79.3		9.58	

**Tabel 3. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Fabrikasi	1	10	102	102.5	92.8	86.00	9.02	16.10
6 cm		20	103		84.3		18.16	
		30	100		80.7		19.30	
		40	101		84.4		16.44	
		50	106		87.3		17.64	
		60	103		86.5		16.02	
	2	10	102	101.25	89.9	90.33	11.86	10.75
		20	100		92.5		7.50	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 3)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		30	103		92.5		10.19	
		40	98.2		89.9		8.45	
		50	99.3		87.3		12.08	
		60	105		89.9		14.38	
	3	10	99.9	101.15	87.3	81.05	12.61	19.82
		20	100		86.5		13.50	
		30	101		80.7		20.10	
		40	102		80.5		21.08	
		50	103		74.1		28.06	
		60	101		77.2		23.56	
	4	10	101	99.43	78.7	77.82	22.08	21.74
		20	99.1		78.7		20.59	
		30	99.3		78.2		21.25	
		40	98.8		75.3		23.79	
		50	99.4		76.4		23.14	
		60	99		79.6		19.60	
	5	10	98.6	97.85	76.3	75.48	22.62	22.85
		20	96.4		76.5		20.64	
		30	96.8		74.8		22.73	
		40	96.4		73.2		24.07	
		50	99.3		75.8		23.67	
		60	99.6		76.3		23.39	

**Tabel 4. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Fabrikasi 10 cm	1	10	101	102.5	68.9	72.30	31.78	29.40
		20	106		65.4		38.30	
		30	103		73.2		28.93	
		40	102		76.5		25.00	
		50	100		74.8		25.20	
		60	103		75		27.18	
	2	10	98.2	100.57	75.8	68.72	22.81	31.58
		20	99.3		68.8		30.72	
		30	105		64.1		38.95	
		40	99.9		70.4		29.53	
		50	100		67.2		32.80	
		60	101		66		34.65	
	3	10	102	93.85	68.2	68.93	33.14	26.44
		20	94.4		72.4		23.31	
		30	92.6		67.1		27.54	
		40	91.7		67.8		26.06	
		50	90.7		69.2		23.70	
		60	91.7		68.9		24.86	
	4	10	99.9	92.65	67.7	71.05	32.23	23.13
		20	89.7		74.3		17.17	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)



(Lanjutan Tabel 4)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		30	90.3		72.1		20.16	
		40	90.3		72		20.27	
		50	91.3		70.3		23.00	
		60	94.4		69.9		25.95	
	5	10	100	101.5	69.1	59.73	30.90	41.09
		20	101		62.3		38.32	
		30	102		59.6		41.57	
		40	100		59.3		40.70	
		50	103		58.1		43.59	
		60	103		50		51.46	

**Tabel 5. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Plastik PET Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Plastik PET	1	10	96.3	100.83	91.6	90.53	4.88	10.15
6 cm		20	103		87.9		14.66	
		30	102		91.4		10.39	
		40	99.7		91.4		8.32	
		50	101		89.8		11.09	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 5)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		60	103	101.67	91.1	90.8	11.55	10.69
	2	10	102		91.7		10.10	
		20	102		94.3		7.55	
		30	102		90.1		11.67	
		40	101		89.4		11.49	
		50	102		90		11.76	
		60	101		89.3		11.58	
	3	10	97.4	96.57	87	86.52	10.68	10.41
		20	96.6		87.2		9.73	
		30	96.6		86.5		10.46	
		40	96.3		86.1		10.59	
		50	95.8		85.9		10.33	
		60	96.7		86.4		10.65	
	4	10	97.1	97.55	85.3	85.92	12.15	11.92
		20	98.1		85.2		13.15	
		30	97.8		87.2		10.84	
		40	97.6		85.7		12.19	
		50	96.7		85.8		11.27	
		60	98		86.3		11.94	
	5	10	94.3	95.17	85.1	84.18	9.76	11.54

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 5)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		20	95.3		84.3		11.54	
		30	95.4		84.3		11.64	
		40	94.5		83.5		11.64	
		50	95		83.6		12.00	
		60	96.5		84.3		12.64	

**Tabel 6. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Plastik PET Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Plastik PET 10 cm	1	10	95.4	96.15	88.4	86.22	7.34	10.23
		20	94.4		87.4		7.42	
		30	93.9		85.8		8.63	
		40	95.3		85.4		10.39	
		50	94.9		84.9		10.54	
		60	103		85.4		17.09	
	2	10	99.6	98.52	88.5	86.72	11.14	11.98
		20	98.6		88.4		10.34	
		30	99.2		87.6		11.69	
		40	97.3		85.5		12.13	
		50	96.4		84.3		12.55	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 6)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		60	100		86		14.00	
	3	10	97	97.87	85.3	85.73	12.06	12.40
		20	98.8		88.5		10.43	
		30	98.5		85.2		13.50	
		40	98.2		86.5		11.91	
		50	96.2		84.2		12.47	
		60	98.5		84.7		14.01	
	4	10	95.6	97.6	85.2	85.53	10.88	12.35
		20	96.1		85.3		11.24	
		30	99		85		14.14	
		40	98.3		85.3		13.22	
		50	98.3		86.3		12.21	
		60	98.3		86.1		12.41	
	5	10	94.6	96.33	86.5	85.20	8.56	11.52
		20	92.9		83.1		10.55	
		30	99.9		85.5		14.41	
		40	97.8		85.3		12.78	
		50	96.5		85		11.92	
		60	96.3		85.8		10.90	

**Tabel 7. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Fabrikasi 6 cm	1	10	99.3	99.73	87.2	77.58	12.19	22.19
		20	98.2		76.8		21.79	
		30	100		75.2		24.80	
		40	99.3		74.9		24.57	
		50	102		75.1		26.37	
		60	99.6		76.3		23.39	
	2	10	106	103.67	93.2	91.05	12.08	12.17
		20	106		98.2		7.36	
		30	104		98.3		5.48	
		40	101		96.2		4.75	
		50	101		84		16.83	
		60	104		76.4		26.54	
	3	10	104	102.72	76.3	75.10	26.63	26.87
		20	106		75.8		28.49	
		30	100		76.2		23.80	
		40	99.3		69		30.51	
		50	102		78.3		23.24	
		60	105		75		28.57	
	4	10	105	103.67	75	74.70	28.57	27.91
		20	106		74.6		29.62	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 7)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		30	104		75.9		27.02	
		40	106		74.7		29.53	
		50	101		74.4		26.34	
		60	100		73.6		26.40	
	5	10	101	99.63	72.1	72.7	28.61	27.02
		20	99.9		72.7		27.23	
		30	100		72.3		27.70	
		40	99.1		72		27.35	
		50	98.5		73.7		25.18	
		60	99.3		73.4		26.08	

**Tabel 8. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Fabrikasi	1	10	95.8	96.52	59.8	59.77	37.58	38.08
10 cm		20	96.9		61.5		36.53	
		30	97.1		66.3		31.72	
		40	95.9		57.4		40.15	
		50	97		56.8		41.44	
		60	96.4		56.8		41.08	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 8)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
	2	10	94.5	93.42	58.6	58.38	37.99	37.50
		20	93.7		57.9		38.21	
		30	92.8		58.5		36.96	
		40	92.7		58		37.43	
		50	91.8		58.5		36.27	
		60	95		58.8		38.11	
	3	10	93.6	90.18	56.7	56.23	39.42	37.60
		20	92		55.9		39.24	
		30	90		56.4		37.33	
		40	90.7		55.3		39.03	
		50	87.4		57		34.78	
		60	87.4		56.1		35.81	
	4	10	92.1	92.10	57.8	56.48	37.24	38.67
		20	92		57.5		37.50	
		30	92		59.4		35.43	
		40	92.1		55.3		39.96	
		50	90.7		54.4		40.02	
		60	93.7		54.5		41.84	
	5	10	92.7	91.58	52.8	54.33	43.04	40.67
		20	92		55.9		39.24	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 8)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		30	91.4		54.7		40.15	
		40	91.7		53.7		41.44	
		50	90.1		54.8		39.18	
		60	91.6		54.1		40.94	

**Tabel 9. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Plastik PET Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Plastik PET 6 cm	1	10	106	105.83	86.6	86.80	18.30	17.98
		20	105		85.8		18.29	
		30	106		84.2		20.57	
		40	106		87.3		17.64	
		50	106		89		16.04	
		60	106		87.9		17.08	
	2	10	105	104.00	89	84.95	15.24	18.31
		20	104		87.5		15.87	
		30	104		84.7		18.56	
		40	102		85.2		16.47	
		50	104		82.2		20.96	
		60	105		81.1		22.76	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)



(Lanjutan Tabel 9)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
	3	10	106	105.33	79.8	82.00	24.72	22.15
		20	106		82		22.64	
		30	105		82.1		21.81	
		40	105		83.3		20.67	
		50	106		83.4		21.32	
		60	104		81.4		21.73	
	4	10	106	105.3	80.6	80.80	23.96	23.29
		20	106		81.6		23.02	
		30	104		80.4		22.69	
		40	106		81.3		23.30	
		50	106		80.9		23.68	
		60	104		80		23.08	
	5	10	104	102.00	80.3	78.27	22.79	23.27
		20	103		79.5		22.82	
		30	101		78.5		22.28	
		40	102		78.4		23.14	
		50	102		76.5		25.00	
		60	100		76.4		23.60	

**Tabel 10. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Plastik PET Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Plastik PET 10 cm	1	10	98.6	96.68	84.2	79.45	14.60	17.85
		20	97.4		81.6		16.22	
		30	98.1		80.2		18.25	
		40	96.6		78.2		19.05	
		50	95.3		76.5		19.73	
		60	94.1		76		19.23	
	2	10	94.6	99.48	74.3	75.17	21.46	24.36
		20	94.3		74.6		20.89	
		30	102		74.3		27.16	
		40	103		74.7		27.48	
		50	102		76.1		25.39	
		60	101		77		23.76	
	3	10	102	103.33	77	76.95	24.51	25.53
		20	103		76.5		25.73	
		30	104		76.9		26.06	
		40	104		76.4		26.54	
		50	104		76.5		26.44	
		60	103		78.4		23.88	
	4	10	102	102.17	78.5	76.63	23.04	24.94
		20	100		79.8		20.20	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 10)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		30	101		76.8		23.96	
		40	101		76.3		24.46	
		50	104		75		27.88	
		60	105		73.4		30.10	
	5	10	106	104.17	78.3	77.58	26.13	25.50
		20	105		79.5		24.29	
		30	106		76.9		27.45	
		40	103		77.3		24.95	
		50	104		75.1		27.79	
		60	101		78.4		22.38	

**Tabel 11. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 6 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Fabrikasi	1	10	104	101.62	83.3	69.10	19.90	32.06
6 cm		20	101		68.4		32.28	
		30	101		66.6		34.06	
		40	99.7		64.8		35.01	
		50	101		64.6		36.04	
		60	103		66.9		35.05	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 11)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
	2	10	102	99.63	64.4	63.83	36.86	35.92
		20	100		62.4		37.60	
		30	98.8		61.7		37.55	
		40	99.4		64		35.61	
		50	99		64.5		34.85	
		60	98.6		66		33.06	
	3	10	96.4	94.20	65.3	64.75	32.26	31.26
		20	96.8		66.9		30.89	
		30	93.3		64.3		31.08	
		40	94.4		64.5		31.67	
		50	92.6		64.4		30.45	
		60	91.7		63.1		31.19	
	4	10	90.7	92.10	63	64.43	30.54	29.95
		20	91.7		63.7		30.53	
		30	99.9		65		34.93	
		40	89.7		64.2		28.43	
		50	90.3		65.1		27.91	
		60	90.3		65.6		27.35	
	5	10	91.3	94.57	65.6	65.98	28.15	30.19
		20	91		64.7		28.90	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 11)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
		30	96.6		63.2		34.58	
		40	97.2		65.4		32.72	
		50	95.4		67.9		28.83	
		60	95.9		69.1		27.95	

**Tabel 12. Hasil Uji Kekeruhan Variasi Media Fabrikasi Ketebalan 10 cm dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
Fabrikasi 10 cm	1	10	97.7	95.65	91.3	62.47	6.55	34.80
		20	95.6		62.6		34.52	
		30	94.7		58.6		38.12	
		40	94.3		53.8		42.95	
		50	94.3		55		41.68	
		60	97.3		53.5		45.02	
	2	10	97.3	103.05	53.6	52.72	44.91	48.79
		20	105		53.5		49.05	
		30	105		51.5		50.95	
		40	105		52		50.48	
		50	103		54.9		46.70	
		60	103		50.8		50.68	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 12)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Kekeruhan inlet (NTU)	Rata-rata inlet (NTU)	Kekeruhan outlet (NTU)	Rata-rata outlet (NTU)	Efisiensi removal (%)	Rata-rata
	3	10	101	100.95	56	51.38	44.55	49.12
		20	103		54.4		47.18	
		30	103		52.7		48.83	
		40	99.5		42		57.79	
		50	99.8		44.9		55.01	
		60	99.4		58.3		41.35	
	4	10	96.9	96.73	55.5	54.90	42.72	43.25
		20	97.5		58.4		40.10	
		30	98		55.9		42.96	
		40	95.6		56.4		41.00	
		50	96.6		50.8		47.41	
		60	95.8		52.4		45.30	
	5	10	93.5	98.68	52.9	53.62	43.42	45.59
		20	93.3		50.7		45.66	
		30	99		51.5		47.98	
		40	106		52.8		50.19	
		50	102		56.3		44.80	
		60	98.3		57.5		41.51	

## LAMPIRAN D

### HASIL ANALISA *HEAD LOSS*

**Tabel 1. Hasil Pengukuran *Head Loss* Variasi Media Plastik PET dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
Plastik PET	1	10	0	0.50	Plastik PET	1	10	0	0.67
6 cm		20	0		10 cm		20	0	
		30	0				30	1	
		40	1				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1				60	1	
	2	10	1	1		2	10	1	1
		20	1				20	1	
		30	1				30	1	
		40	1				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1				60	1	
	3	10	1	1.17		3	10	1	1.50
		20	1				20	1	
		30	1				30	1	
		40	1				40	2	
		50	1				50	2	
		60	2				60	2	

*(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)*

(Lanjutan Tabel 1)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
	4	10	2	2		4	10	2	2
		20	2				20	2	
		30	2				30	2	
		40	2				40	2	
		50	2				50	2	
		60	2				60	2	
	5	10	2	2		5	10	2	2
		20	2				20	2	
		30	2				30	2	
		40	2				40	2	
		50	2				50	2	
		60	2				60	2	

**Tabel 2. Hasil Pengukuran *Head Loss* Variasi Media Fabrikasi dan Kecepatan 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
Fabrikasi	1	10	1	1.5	Fabrikasi	1	10	1	1.33
6 cm		20	1		10 cm		20	1	
		30	1				30	1	
		40	2				40	1	
		50	2				50	2	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)



(Lanjutan Tabel 2)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
		60	2				60	2	
	2	10	2	2.5		2	10	2	2.83
		20	2				20	2	
		30	2				30	2	
		40	3				40	3	
		50	3				50	4	
		60	3				60	4	
	3	10	3	3.33		3	10	4	4.00
		20	3				20	4	
		30	3				30	4	
		40	3				40	4	
		50	4				50	4	
		60	4				60	4	
	4	10	4	5		4	10	4	5
		20	4				20	5	
		30	5				30	5	
		40	5				40	5	
		50	6				50	5	
		60	6				60	6	
	5	10	6	6.33		5	10	6	7.83
		20	6				20	6	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 2)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
		30	6				30	8	
		40	6				40	8	
		50	7				50	9	
		60	7				60	10	

**Tabel 3. Hasil Pengukuran *Head Loss* Variasi Media Plastik PET dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
Plastik PET	1	10	0	0	Plastik PET	1	10	0	0.17
6 cm		20	0		10 cm		20	0	
		30	0				30	0	
		40	0				40	0	
		50	0				50	0	
		60	0				60	1	
	2	10	0	0.83		2	10	1	1
		20	1				20	1	
		30	1				30	1	
		40	1				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1				60	1	
	3	10	1	1.00		3	10	1	1.00

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 3)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
		20	1				20	1	
		30	1				30	1	
		40	1				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1				60	1	
	4	10	1	1		4	10	1	1
		20	1				20	1	
		30	1				30	1	
		40	1				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1	1			60	1	1
	5	10	1			5	10	1	
		20	1				20	1	
		30	1				30	1	
		40	1				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1				60	1	

**Tabel 4. Hasil Pengukuran *Head Loss* Variasi Media Fabrikasi dan Kecepatan 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
Fabrikasi	1	10	0	0.5	Fabrikasi	1	10	0	0.67
6 cm		20	0		10 cm		20	0	
		30	0				30	1	
		40	1				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1				60	1	
	2	10	1	1.17		2	10	1	1.50
		20	1				20	1	
		30	1				30	1	
		40	1				40	2	
		50	1				50	2	
		60	2				60	2	
	3	10	2	2.00		3	10	2	2.00
		20	2				20	2	
		30	2				30	2	
		40	2				40	2	
		50	2				50	2	
		60	2				60	2	
	4	10	3	3		4	10	3	3.33
		20	3				20	3	
		30	3				30	3	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 4)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
		40	3				40	3	
		50	3				50	4	
		60	3				60	4	
	5	10	3	3.33		5	10	4	4.67
		20	3				20	4	
		30	3				30	5	
		40	3				40	5	
		50	4				50	5	
		60	4				60	5	

**Tabel 5. Hasil Pengukuran *Head Loss* Variasi Media Plastik PET dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
Plastik PET	1	10	0	0	Plastik PET	1	10	0	0
6 cm		20	0		10 cm		20	0	
		30	0				30	0	
		40	0				40	0	
		50	0				50	0	
		60	0				60	0	
	2	10	0	0		2	10	0	0
		20	0				20	0	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)

(Lanjutan Tabel 5)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
		30	0				30	0	
		40	0				40	0	
		50	0				50	0	
		60	0				60	0	
	3	10	0	0.00		3	10	0	0.67
		20	0				20	0	
		30	0				30	1	
		40	0				40	1	
		50	0				50	1	
		60	0				60	1	
	4	10	0	0.33		4	10	1	1
		20	0				20	1	
		30	0				30	1	
		40	0				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1				60	1	
	5	10	1	1		5	10	1	1
		20	1				20	1	
		30	1				30	1	
		40	1				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1				60	1	

**Tabel 6. Hasil Pengukuran *Head Loss* Variasi Media Fabrikasi dan Kecepatan 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam**

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
Fabrikasi	1	10	0	0	Fabrikasi	1	10	0	0.67
6 cm		20	0		10 cm		20	0	
		30	0				30	1	
		40	0				40	1	
		50	0				50	1	
		60	0				60	1	
	2	10	0	0.83		2	10	1	1.17
		20	1				20	1	
		30	1				30	1	
		40	1				40	1	
		50	1				50	1	
		60	1				60	2	
	3	10	1	1.00		3	10	2	2.17
		20	1				20	2	
		30	1				30	2	
		40	1				40	2	
		50	1				50	2	
		60	1				60	3	
	4	10	1	1.83		4	10	3	3
		20	2				20	3	
		30	2				30	3	

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)




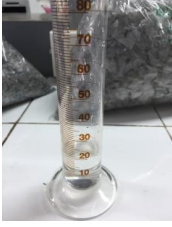
(Lanjutan Tabel 6)

Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata	Media	Jam ke-	Menit ke-	Headloss (mm)	Rata-rata
		40	2				40	3	
		50	2				50	3	
		60	2				60	3	
	5	10	2	2.67		5	10	4	4.00
		20	2				20	4	
		30	3				30	4	
		40	3				40	4	
		50	3				50	4	
		60	3				60	4	



## LAMPIRAN E DOKUMENTASI PENELITIAN

**Tabel 1. Dokumentasi Pengukuran Porositas**





No	Gambar	Keterangan
1		Memasukkan cacahan plastik ke <i>beaker glass</i>
2		Air dengan volume yang telah diketahui
3		Memasukkan air ke dalam cacahan plastik hingga air terlihat pada permukaan cacahan plastik
4		Mengukur sisa air yang terdapat pada <i>beaker glass</i>

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)





(Lanjutan Tabel 1)

No	Gambar	Keterangan
5		Memasukkan media yang telah dibentuk ke dalam wadah yang ukurannya telah disesuaikan. Beri tanda ketinggian media di wadah
6		Masukkan air hingga mencapai tanda yang telah diberikan dan volume tersebut dicatat
7		Masukkan air dengan volume telah diketahui hingga mencapai permukaan media
8		Ukur volume air sisa

**Tabel 2. Dokumentasi Pengukuran Massa Jenis**





No	Gambar	Keterangan
1		Memasukkan cacahan plastik hingga volume tertentu dan timbang massanya
2		Masukkan air dengan volume telah diketahui
3		Air dimasukkan hingga terlihat pada permukaan cacahan plastik
4		Volume air tersisa diukur

**Tabel 3. Dokumentasi Pengoperasian Reaktor *Pre-filter***






No	Gambar	Keterangan
1		Media plastik PET ketebalan 6 cm sebelum digunakan
2		Media plastik PET ketebalan 10 cm sebelum digunakan
3		Media plastik PET setelah digunakan
4		Pengoperasian Reaktor

*(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)*

(Lanjutan Tabel 3)





No	Gambar	Keterangan
5		Pengunaan media fabrikasi ketebalan 6 cm
6		Pengoperasian <i>pre-filter</i> meggunakan media plastik PET.
7		Rotameter saat pengoperasian debit 100 L/jam.
8		Lumpur dari unit <i>accelerator</i> IPAM Ngagel II Surabaya

**Tabel 4. Dokumentasi Pengukuran Kekeruhan**

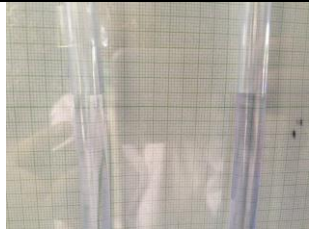
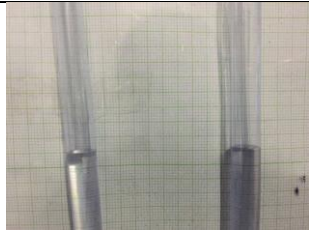


No	Gambar	Keterangan
1		Sampel outlet
2		Sampel inlet
3		Salah satu hasil pengukuran sampel inlet
4		Kekeruhan 10 menit pertama outlet media fabrikasi ketebalan 10 cm kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam
5		Kekeruhan jam ke-1 outlet media fabrikasi ketebalan 10 cm kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam

*(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)*

(Lanjutan Tabel 4)

No	Gambar	Keterangan
6	 <p>The image shows the front panel of a Hanna HI88703 Turbidimeter. The LCD screen displays a reading of 66.0 NTU. Above the screen, the text 'HI88703 - Turbidimeter' and the Hanna Instruments logo are visible. Below the screen, there are several control buttons: ESC, up arrow, CAL, HELP, RANGE, down arrow, RCL, and SETUP. At the bottom, there are three circular indicator lights. The device is white with a green display screen.</p>	Kekeruhan jam ke-2 outlet media fabrikasi ketebalan 10 cm kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam
7	 <p>The image shows the front panel of a Hanna HI88703 Turbidimeter. The LCD screen displays a reading of 68.9 NTU. Above the screen, the text 'HI88703 - Turbidimeter' and the Hanna Instruments logo are visible. Below the screen, there are several control buttons: ESC, up arrow, CAL, HELP, RANGE, down arrow, RCL, and SETUP. At the bottom, there are three circular indicator lights. The device is white with a green display screen.</p>	Kekeruhan jam ke-3 outlet media fabrikasi ketebalan 10 cm kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam
8	 <p>The image shows the front panel of a Hanna HI88703 Turbidimeter. The LCD screen displays a reading of 69.9 NTU. Above the screen, the text 'HI88703 - Turbidimeter' and the Hanna Instruments logo are visible. Below the screen, there are several control buttons: ESC, up arrow, CAL, HELP, RANGE, down arrow, RCL, and SETUP. At the bottom, there are three circular indicator lights. The device is white with a green display screen.</p>	Kekeruhan jam ke-4 outlet media fabrikasi ketebalan 10 cm kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam
9	 <p>The image shows the front panel of a Hanna HI88703 Turbidimeter. The LCD screen displays a reading of 50.0 NTU. Above the screen, the text 'HI88703 - Turbidimeter' and the Hanna Instruments logo are visible. Below the screen, there are several control buttons: ESC, up arrow, CAL, HELP, RANGE, down arrow, RCL, and SETUP. At the bottom, there are three circular indicator lights. The device is white with a green display screen.</p>	Kekeruhan jam ke-5 outlet media fabrikasi ketebalan 10 cm kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam


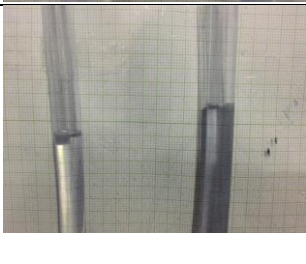
**Tabel 5. Dokumentasi Pengukuran *Head Loss***

No	Gambar	Keterangan
1		<i>Head loss</i> jam ke-5 outlet media plastik PET ketebalan 6 cm kecepatan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ (2 mm)
2		<i>Head loss</i> jam ke-1 outlet media plastik PET ketebalan 10 cm kecepatan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ (1 mm)
3		<i>Head loss</i> jam ke-2 outlet media plastik PET ketebalan 10 cm kecepatan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ (1 mm)
4		<i>Head loss</i> jam ke-5 outlet media plastik PET ketebalan 10 cm kecepatan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ (2 mm)

(Tabel dilanjutkan ke halaman berikutnya)



(Lanjutan Tabel 5)

No	Gambar	Keterangan
5		<i>Head loss</i> jam ke-5 outlet media fabrikasi ketebalan 6 cm kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam (7 mm)
6		<i>Head loss</i> jam ke-5 outlet media fabrikasi ketebalan 10 cm kecepatan 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam (10 mm)

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Destya Sasmitha merupakan kelahiran Palembang pada 20 tahun yang lalu tepatnya 6 Desember 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2001-2007 di SDN 197 Palembang. Kemudian dilanjutkan di SMPN 9 Palembang pada tahun 2007-2010, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMA Plus Negeri 17 Palembang dari tahun 2010-2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan

NRP 3313 100 109.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan HMTL, BEM FTSP, maupun BEM ITS. Penulis juga aktif sebagai pengurus organisasi di HMTL dan BEM ITS. Selain di bidang organisasi penulis ikut aktif sebagai asisten praktikum di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. Prestasi yang pernah diraih penulis salah satunya adalah menjadi delegasi ITS dan Indonesia di Youth Excursion Thailand pada tahun 2016 dan mendapatkan predikat Best Individual Game serta Juara III *Market Research* di acara tersebut. Berbagai pelatihan dan seminar juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email [sasmithadestya@gmail.com](mailto:sasmithadestya@gmail.com).